

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年5月6日 (06.05.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/038200 A1

(51) 国際特許分類: F02D 13/02, F01L 1/34, 9/04

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013578

(22) 国際出願日: 2003年10月23日 (23.10.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2002-310579

2002年10月25日 (25.10.2002) JP

特願 2002-320612 2002年11月5日 (05.11.2002) JP

特願 2002-344892

2002年11月28日 (28.11.2002) JP

特願 2003-45392 2003年2月24日 (24.02.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒448-8661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 漆畑 晴行 (URUSHIHATA, Haruyuki) [JP/JP]; 〒448-8661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 飯田 寿 (IDA, Hisashi) [JP/JP]; 〒448-8661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 矢作 和行 (YAHAGI, Kazuyuki); 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル 6階 Aichi (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, DE, KR, US.

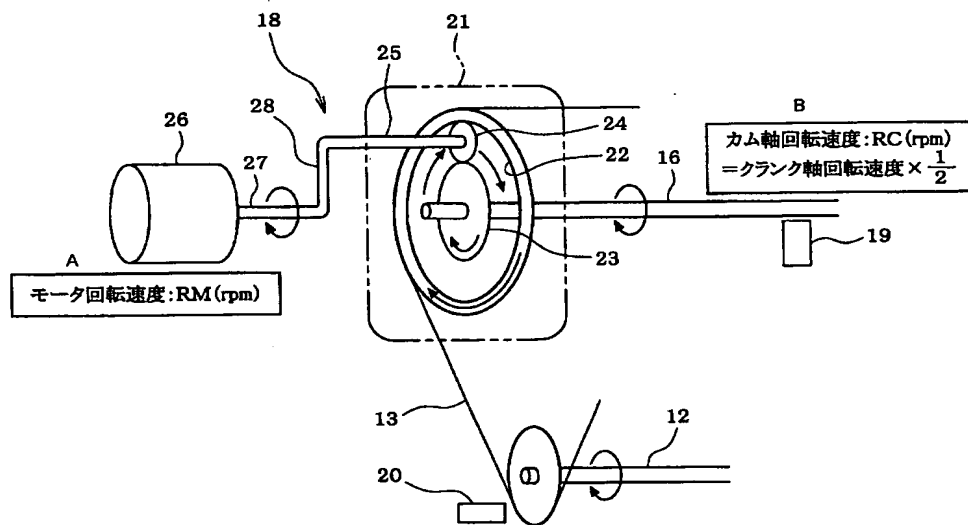
添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: VARIABLE VALVE TIMING CONTROL DEVICE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の可変バルブタイミング制御装置



A...MOTOR ROTATIONAL SPEED: RM (rpm)

B...CAMSHAFT ROTATIONAL SPEED: RC (rpm) = CRANKSHAFT ROTATIONAL SPEED X 1/2

(57) Abstract: A variable valve timing control device of an internal combustion engine, wherein a requested valve timing change rate  $V_{req}$  is calculated to reduce a deviation  $D$  between a target valve timing  $VT_t$  and an actual valve timing  $VT$ , a requested rotational speed difference  $DMCR_{req}$  between a motor (26) and a camshaft (16) is calculated based on the requested valve timing change speed  $V_{req}$ , and when the deviation  $D$  is equal to or larger than a specified value, the requested rotational speed difference  $DMCR_{req}$  is added to a cam shaft rotational speed  $RC$  to calculate a requested motor rotational speed  $RM_{req}$  and a motor control value is calculated to control a motor rotational speed  $RM$  to the requested motor rotational speed  $RM_{req}$  and when the deviation  $D$  is below the specified value, the cam shaft rotational speed  $RC$  is set to the requested motor rotational speed  $RM_{req}$  and the motor control valve is calculated to control the motor rotational speed  $RM$  to the camshaft rotational speed  $RC$ .

[続葉有]



---

(57) 要約: 目標バルブタイミング $VT_{tg}$ と実バルブタイミング $VT$ との偏差 $D$ を小さくするように要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を算出し、この要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に基づいてモータ26とカム軸16との要求回転速度差 $DMCR_{req}$ を算出する。そして、偏差 $D$ が所定値よりも大きい時には、カム軸回転速度 $RC$ に要求回転速度差 $DMCR_{req}$ を加算して要求モータ回転速度 $Rm_{req}$ を算出し、モータ回転速度 $RM$ を要求モータ回転速度 $RM_{req}$ に制御するようにモータ制御値を算出する。偏差 $D$ が所定値以下である時には、カム軸回転速度 $RC$ を要求モータ回転速度 $RM_{req}$ とし、モータ回転速度 $RM$ をカム軸回転速度 $RC$ に制御するようにモータ制御値を算出する。

## 明細書

## 内燃機関の可変バルブタイミング制御装置

## 技術分野

本発明は、内燃機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを可変する内燃機関の可変バルブタイミング制御装置に関するものである。

## 背景技術

近年、車両に搭載される内燃機関においては、出力向上、燃費節減、排気エミッション低減等を目的として、吸気バルブや排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置を採用したものが増加しつつある。現在、実用化されている可変バルブタイミング装置は、油圧で位相可変機構を駆動してクランク軸に対するカム軸の回転位相を変化させることで、カム軸によって開閉駆動される吸気バルブや排気バルブのバルブタイミングを変化させるものが多い。しかし、この油圧駆動方式の可変バルブタイミング装置では、寒冷時やエンジン始動時に、油圧が不足したり、油圧制御の応答性が低下したりして、バルブタイミング制御精度が低下するという欠点がある。

そこで、例えば、特開平6-213021号公報に記載されているように、モータの駆動力で位相可変機構を駆動してクランク軸に対するカム軸の回転位相を変化させてバルブタイミングを変化させるモータ駆動方式の可変バルブタイミング装置が開発されている。

しかし、上記従来のモータ駆動方式の可変バルブタイミング装置は、クランク軸によって回転駆動されるプーリと一体にモータ全体が回転する構成であるため、可変バルブタイミング装置の回転系の慣性重量が重くなって可変バルブタイミング装置の耐久性が低下するという欠点がある。しかも、回転するモータと外部の電気配線とを接続するためにブラシ等を用いた摺接式の接続構造にしなければならず、これも耐久性を低下させる原因となっている。更には、従来のモータ駆動方式の可変バルブタイミング装置は、全般的に構成が複雑で、高コストであると

いう欠点もある。

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、その目的は可変バルブタイミング装置の耐久性向上、低コスト化の要求を満たしながら、モータ駆動方式でバルブタイミングを制御することができ、バルブタイミング制御精度を向上させることができる内燃機関の可変バルブタイミング制御装置を提供することにある。

### 発明の開示

上記目的を達成するために、本発明に係わる可変バルブタイミング装置は、カム軸と同心状に配置され且つクランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の回転部材と、カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、第1の回転部材の回転力を第2の回転部材に伝達し且つ第1の回転部材に対する第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材と、この位相可変部材の回転位相を制御するようにカム軸と同心に配置されたモータとを備え、バルブタイミングを変化させないときは、モータの回転速度をカム軸の回転速度に一致させて、位相可変部材の旋回速度をカム軸の回転速度に一致させることで、第1の回転部材と第2の回転部材との回転位相の差を現状維持してカム軸位相を現状維持し、バルブタイミングを変化させるときは、モータの回転速度をカム軸の回転速度に対して変化させて、位相可変部材の旋回速度をカム軸の回転速度に対して変化させることで、第1の回転部材と第2の回転部材との回転位相の差を変化させてカム軸位相を変化させるように構成している。

この構成では、モータ全体を回転させる必要がないため、可変バルブタイミング装置の回転系の慣性重量を軽量化することができると共に、モータと外部の電気配線とを固定的な接続手段によって直接接続することができ、総じて、可変バルブタイミング装置の耐久性を向上させることができる。しかも、可変バルブタイミング装置の構成が比較的簡単であり、低コスト化の要求も満たすことができる。

更に、本発明では、目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差に基づいて要求バルブタイミング変化速度を算出して、この要求バルブタイミング変

化速度に基づいてモータとカム軸との要求回転速度差を算出し、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するようにモータ制御値を算出するようにしている。このようにすれば、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に一致させるようにモータの回転速度をフィードフォワード的に精度良く制御

5    することができて、モータ駆動方式で実バルブタイミングを目標バルブタイミングに制御することができ、バルブタイミング制御精度を向上させることができる。

この場合、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するのに必要なモータ制御値を算出する具体的な方法として、例えば、カム軸の回転速度と要求回転速度差とに基づいて要求モータ回転速度を算出し、モータの回転速度を

10    要求モータ回転速度に制御するようにモータ制御値を算出するようにしても良い。或は、モータの回転速度をカム軸の回転速度と同じ基本モータ回転速度に制御するための基本制御値を算出すると共に、モータの回転速度を基本モータ回転速度に対して要求回転速度差だけ変化させるための変化制御値を算出し、基本制御値と変化制御値とに基づいてモータ制御値を算出するようにしても良い。いずれの

15    方法を用いても、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するのに必要なモータ制御値を精度良く算出することができる。

更に、目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差が所定値以下のときには、モータの回転速度をカム軸の回転速度と同じ回転速度に制御するようにモータ制御値を算出するようにしても良い。このようにすれば、実バルブタイミ

20    ングが目標バルブタイミング又はその近傍にあるときには、実バルブタイミングをそのまま安定保持することができる。

ところで、モータの出力トルクは、可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失やカム軸側の駆動損失による損失トルクとしても消費されるため、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するのに必要なモータ制御値（印加電

25    圧値、デューティ値等）は、可変バルブタイミング装置内部やカム軸側の駆動損失によって変化する。また、モータが回転するとモータに逆起電力が発生するため、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するのに必要なモータ制御値は、モータの逆起電力によっても変化する。

これらの事情を考慮して、可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失又はこれ

と相関関係にあるパラメータ、カム軸側の駆動損失又はこれと相関関係にあるパラメータ、モータの逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータのうちの少なくとも1つを用いてモータ制御値を算出するようにすると良い。このようにすれば、可変バルブタイミング装置内部やカム軸側の駆動損失の変化、モータの逆起電力の変化を考慮に入れてモータ制御値を算出することができるので、摩擦損失や逆起電力等の影響を受けずに、モータとカム軸との回転速度差を要求回転速度差に制御するのに必要なモータ制御値を精度良く算出することができる。

本発明の可変バルブタイミング装置では、モータとカム軸との回転速度差に応じてバルブタイミング変化速度が変化するため、可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失は、モータとカム軸との回転速度差に応じて変化する。従って、可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失パラメータ（摩擦損失又はこれと相関関係にあるパラメータ）を用いる場合には、モータとカム軸との実回転速度差に応じて可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失パラメータを算出するようにしても良いが、モータとカム軸との要求回転速度差に応じて可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失パラメータを算出するようにしても良い。このようにすれば、モータ制御値の算出に用いる可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失パラメータをフィードフォワード的に算出することができて、モータ回転制御の応答性を向上させることができる。その結果、レーシング時（空吹かし時）のようにエンジン回転速度（カム軸の回転速度）が急変化する運転条件下でも、カム軸の回転速度変化に対してモータ回転速度を応答良く追従させることができ、バルブタイミング制御精度を確保することができる。

また、モータの逆起電力は、モータの回転速度に応じて変化するため、モータの逆起電力パラメータ（逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータ）を用いる場合には、モータの実回転速度に応じてモータの逆起電力パラメータを算出するようにしても良いが、カム軸の回転速度と要求回転速度差とに基づいて算出した要求モータ回転速度に応じてモータの逆起電力パラメータを算出するようにしても良い。このようにすれば、モータ制御値の算出に用いるモータの逆起電力パラメータをフィードフォワード的に算出することができて、上述したのと同様の効果を得ることができる。

ところで、図 1 2 に示すように、モータの回転速度が変化すると、モータの逆起電力が変化して有効電圧（バッテリー電圧と逆起電力との差）が変化する。また、モータの増速時には、モータの回転速度が速くなるほど、有効電圧が減少し、反対に、モータの増速時には、モータの回転速度が速くなるほど、有効電圧が増加する。

そこで、モータの回転速度及び／又その増減状態に基づいてモータ制御値を補正するようにしても良い。このようにすれば、モータの回転速度やその増減状態によって有効電圧が変化しても、それに対応してモータ制御値を補正することができる。従って、有効電圧の変化の影響を受けずに、適正なモータ制御値を算出することができる。このモータ制御値の補正は、モータへの供給電力をデューティ制御するためのデューティ値（通電率）をモータ制御値として算出するシステムに適用すると良い。デューティ制御では、供給電圧のデューティ値を調整することで、供給電圧のパルス幅を調整してモータへの供給電力を調整する。しかし、デューティ値が同じでも、有効電圧（バッテリー電圧と逆起電力との差）が変化すると、供給電圧パルスの振幅が変化するため、その分、モータへの供給電力が変化する。従って、モータの回転速度やその増減状態に基づいてデューティ値を補正すれば、モータの回転速度やその増減状態によって有効電圧が変化して供給電圧パルスの振幅が変化するのに対応して、デューティ値を補正して供給電圧のパルス幅を補正することができる。この結果、供給電圧パルスの振幅変化による供給電力の変化分を供給電圧のパルス幅の補正によって補償することができる。

また、バルブタイミングの変化速度、モータとカム軸との回転速度差、モータの回転速度のうちの少なくとも 1 つに対して制限値を設けるようにしても良い。このようにすれば、バルブタイミングの変化速度、モータとカム軸との回転速度差、モータの回転速度を制限値で制限することができるので、可変バルブタイミング装置の保証限界を越えた作動による故障や損傷を未然に回避することができる。

なお、本発明のその他の特徴や優れた効果に関しては、以下の図面を用いた実施形態の説明により明らかとなる。

## 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 実施形態における制御システム全体の概略構成図である。  
図 2 は、可変バルブタイミング装置の概略構成図である。図 3 は、第 1 実施形態

- 5 図 4 は、第 1 実施形態のモータ制御値算出プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 5 は、要求トルク  $T_{Areq}$  のマップを概念的に示すグラフである。図 6 は、カム軸側の損失トルク  $T_B$  のマップを概念的に示すグラフである。図 7 は、可変バルブタイミング装置内部の損失トルク  $T_C$  のマップを概念的に示すグラフである。図 8 は、モータの逆起電力  $E$  のマップを概念的に示すグラフである。図 9 は、第 2 実施形態のモータ制御値算出プログラムの処理の流れ
- 10 の一部を示すフローチャートである。図 10 は、第 3 実施形態のモータ制御値算出プログラムの処理の流れの一部を示すフローチャートである。図 11 (a) はモータ増速時の有効電圧補正係数  $K$  のマップを概念的に示すグラフであり、図 11 (b) はモータ減速時の有効電圧補正係数  $K$  のマップを概念的に示すグラフである。図 12 は、モータ回転速度及びその増減状態と有効電圧との関係を示すグラフである。図 13 は、第 4 実施形態のモータ制御値算出プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 14 は、第 5 実施形態のモータ制御値算出プログラムの処理の流れの一部を示すフローチャートである。図 15 ~ 図 17 は、
- 20 第 6 実施形態における実バルブタイミング算出プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 18 及び図 19 は、第 7 実施形態における実バルブタイミング算出プログラムを説明するためのフローチャートである。図 20 は、第 7 実施形態における実バルブタイミング算出の一例を示すタイミングチャートである。図 21 は、本発明の第 8 実施形態におけるバルブタイミングの可変範囲及び
- 25 速度制限領域を説明するための図である。図 22 は、エンジン回転速度と実バルブタイミングとの関係を示すグラフである。図 23 は、バルブタイミング変化速度と減速時変化量との関係を示すグラフである。図 24 は、第 8 実施形態のバルブタイミング変化速度制限制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 25 は、第 9 実施形態のバルブタイミング変化速度制限制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 26 は、第 9 実施形態の目標バル



ブタイミング算出プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 2 7 は、第 1 0 実施形態のバルブタイミング変化速度制限制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 2 8 は、第 1 1 実施形態の基準位置学習優先制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 2 9 は、第 1 2 実施形態の基準位置学習異常判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 0 は、第 1 2 実施形態のバルブタイミング変化速度制限制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 1 は、第 1 3 実施形態の基準位置学習優先制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 2 は、第 1 4 実施形態の始動前基準位置学習制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 3 は、第 1 5 実施形態の始動前基準位置学習制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 4 は、第 1 6 実施形態の始動前基準位置学習制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 5 は、第 1 7 実施形態におけるバルブタイミングメイン制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 6 は、第 1 7 実施形態のエンジン正回転・逆回転判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 7 は、第 1 7 実施形態のエンジン正回転中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 8 は、第 1 7 実施形態のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 3 9 は、第 1 7 実施形態のエンジン逆回転中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 0 は、第 1 7 実施形態の基準位置到達判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 1 は、第 1 7 実施形態における可変バルブタイミング制御の実行例を示すタイムチャートである。図 4 2 は、第 1 8 実施形態のエンジン正回転・逆回転判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 3 は、第 1 9 実施形態のエンジン回転状態判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 4 は、第 2 0 実施形態のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 5 は、第 2 1 実施形態のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 6 は、第 2 2 実施形態のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

ラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 7 は、第 2 3 実施形態の基準位置到達判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 8 は、第 2 4 実施形態の基準位置到達判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 4 9 は、第 2 5 実施形態の基準位置到達判定プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。図 5 0 は、第 2 6 実施形態の可変バルブタイミング装置の作動条件変更プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

### 発明を実施するための最良の形態

#### 《第 1 実施形態》

以下、本発明を吸気バルブの可変バルブタイミング制御装置に適用した第 1 実施形態を図 1 乃至図 8 に基づいて説明する。まず、図 1 に基づいてシステム全体の概略構成を説明する。内燃機関であるエンジン 1 1 は、クランク軸 1 2 からの動力がタイミングチェーン 1 3 (又はタイミングベルト) により各スプロケット 1 4、1 5 を介して吸気側カム軸 1 6 と排気側カム軸 1 7 とに伝達されるようになっている。また、吸気側カム軸 1 6 側には、モータ駆動式の可変バルブタイミング装置 1 8 が設けられている。この可変バルブタイミング装置 1 8 によってクランク軸 1 2 に対する吸気側カム軸 1 6 の回転位相 (カム軸位相) を可変することで、吸気側カム軸 1 6 によって開閉駆動される吸気バルブ (図示せず) のバルブタイミングを可変するようになっている。

また、吸気側カム軸 1 6 の外周側には、所定のカム角毎にカム角信号を出力するカム角センサ 1 9 が取り付けられている。一方、クランク軸 1 2 の外周側には、所定のクランク角毎にクランク角信号を出力するクランク角センサ 2 0 が取り付けられている。

次に、図 2 に基づいて可変バルブタイミング装置 1 8 の概略構成を説明する。可変バルブタイミング装置 1 8 の位相可変機構 2 1 は、吸気側カム軸 1 6 と同心状に配置された内歯付きのアウタギヤ 2 2 (第 1 の回転部材) と、このアウタギヤ 2 2 の内周側に同心状に配置された外歯付きのインナギヤ 2 3 (第 2 の回転部材) と、これらアウタギヤ 2 2 とインナギヤ 2 3 との間に配置されて両者に噛み合う遊星ギヤ 2 4 (位相可変部材) とから構成されている。アウタギヤ 2 2 は、

クランク軸 1 2 と同期して回転するスプロケット 1 4 と一体的に回転するように設けられ、インナギヤ 2 3 は、吸気側カム軸 1 6 と一体的に回転するように設けられている。また、遊星ギヤ 2 4 は、アウトギヤ 2 2 とインナギヤ 2 3 に噛み合った状態でインナギヤ 2 3 の回りを円軌道を描くように旋回することで、アウトギヤ 2 2 の回転力をインナギヤ 2 3 に伝達する役割を果たすと共に、インナギヤ 2 3 の回転速度（吸気側カム軸 1 6 の回転速度）に対する遊星ギヤ 2 4 の旋回速度（公転速度）を変化させることで、アウトギヤ 2 2 に対するインナギヤ 2 3 の回転位相（カム軸位相）を調整する。

一方、エンジン 1 1 には、遊星ギヤ 2 4 の旋回速度を可変するためのモータ 2 6 が設けられている。このモータ 2 6 の回転軸 2 7 は、吸気側カム軸 1 6 、アウトギヤ 2 2 及びインナギヤ 2 3 と同軸上に配置され、このモータ 2 6 の回転軸 2 7 と遊星ギヤ 2 4 の支持軸 2 5 とが、径方向に延びる連結部材 2 8 を介して連結されている。これにより、モータ 2 6 の回転に伴って、遊星ギヤ 2 4 が支持軸 2 5 を中心に回転（自転）しながらインナギヤ 2 3 の外周の円軌道を旋回（公転）できるようになっている。また、モータ 2 6 には、モータ 2 6 の回転速度  $R_M$ （回転軸 2 7 の回転速度）を検出するモータ回転速度センサ 2 9（図 1 参照）が取り付けられている。

この可変バルブタイミング装置 1 8 では、モータ 2 6 の回転速度  $R_M$  を吸気側カム軸 1 6 の回転速度  $R_C$  に一致させて、遊星ギヤ 2 4 の公転速度をインナギヤ 2 3 の回転速度（アウトギヤ 2 2 の回転速度）に一致させると、アウトギヤ 2 2 とインナギヤ 2 3 との回転位相の差が現状維持されて、バルブタイミング（カム軸位相）が現状維持される。

そして、吸気バルブのバルブタイミングを進角する場合には、モータ 2 6 の回転速度  $R_M$  を吸気側カム軸 1 6 の回転速度  $R_C$  よりも速くして、遊星ギヤ 2 4 の公転速度をインナギヤ 2 3 の回転速度よりも速くする。これにより、アウトギヤ 2 2 に対するインナギヤ 2 3 の回転位相が進角されて、バルブタイミング（カム軸位相）が進角される。

一方、吸気バルブのバルブタイミングを遅角する場合には、モータ 2 6 の回転速度  $R_M$  を吸気側カム軸 1 6 の回転速度  $R_C$  よりも遅くして、遊星ギヤ 2 4 の公

転速度をインナギヤ23の回転速度よりも遅くする。これにより、アウトギヤ22に対するインナギヤ23の回転位相が遅角されて、バルブタイミングが遅角される。

前述した各種センサの出力は、エンジン制御回路（以下「ECU」と表記する）30に入力される。このECU30は、マイクロコンピュータを主体として構成され、そのROM（記憶媒体）に記憶された各種のエンジン制御プログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じて燃料噴射弁（図示せず）の燃料噴射量や点火プラグ（図示せず）の点火時期を制御する。

また、ECU30は、後述する図3に示す可変バルブタイミング制御プログラム及び図4に示すモータ制御値算出プログラムを実行する。これらのプログラムを実行することにより、まず、吸気バルブの目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ と実バルブタイミング $V_T$ との偏差 $D$ を小さくするように要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を算出する。この要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に基づいてモータ26とカム軸16の要求回転速度差 $DMC_{req}$ を算出する。そして、モータ26とカム軸16との回転速度差 $DMC$ を要求回転速度差 $DMC_{req}$ に制御するようにモータ制御値（例えばモータ印加電圧値）を算出する。これにより、モータ26とカム軸16との回転速度差 $DMC$ を要求回転速度差 $DMC_{req}$ に制御するようにモータ26の回転を制御して、吸気バルブの実バルブタイミング $V_T$ を目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ に制御する。以下、これら各プログラムの具体的な処理内容を説明する。

図3に示す可変バルブタイミング制御プログラムは、例えば、イグニッションスイッチ（図示せず）のオン後に所定周期で実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ101で、エンジン運転状態等に基づいて目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を算出する。その後、ステップ102に進み、クランク角センサ20から出力されるクランク角信号とカム角センサ19から出力されるカム角信号とに基づいて実バルブタイミング $V_T$ を算出する。なお、実バルブタイミング $V_T$ の算出は、後述する第6実施形態のように行なうことも可能である。

実バルブタイミング $V_T$ の算出後、ステップ103に進み、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ と実バルブタイミング $V_T$ との偏差 $D$ を算出する。次に、ステップ1

04で、この偏差Dを小さくするように該偏差Dに応じてマップ等により要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を算出する。この要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ は、例えば、バルブタイミングの変化方向が進角側のときにプラス値、遅角側のときにマイナス値になる。このステップ104の処理が特許請求の範囲でいう要求バルブタイミング変化速度算出手段としての役割を果たす。

この後、ステップ105に進み、バルブタイミング変化速度に対して制限速度 $V_s$ が設定されているか否かを判定する。この制限速度 $V_s$ は、例えば、位相可変機構21の可動範囲を制限するための可動部がストッパ部に衝突してもギヤ機構（ギヤ22～24）の噛み込みや損傷が発生しない比較的遅いバルブタイミング変化速度である。そして、①実バルブタイミング $V_T$ が最遅角位置付近や最進角位置付近に設定された速度制限領域内にあるとき、②バルブタイミングの基準位置学習が完了していないとき、③基準位置学習の異常有り（基準位置の誤学習）と判定されたとき等に、制限速度 $V_s$ が設定される。なお、バルブタイミング変化速度に対する制限速度 $V_s$ の設定に関しては、後述する第7実施形態において詳細に説明する。

このステップ105で、制限速度 $V_s$ が設定されていると判定された場合には、ステップ106に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ の絶対値が制限速度 $V_s$ よりも大きいか否かを判定する。その結果、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ の絶対値が制限速度 $V_s$ よりも大きいと判定された場合には、ステップ107に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ の絶対値を制限速度 $V_s$ でガード処理する。その後、ステップ108に進む。

一方、上記ステップ105で、制限速度 $V_s$ が設定されていないと判定された場合、又は、上記ステップ106で、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ の絶対値が制限速度 $V_s$ 以下であると判定された場合には、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ と実バルブタイミング $V_T$ との偏差Dに応じて算出した要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を変更せずに、ステップ108に進む。

このステップ108で、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$  [ $^{\circ}\text{CA}/\text{s}$ ]を用いて、式(1)によりモータ26とカム軸16の要求回転速度差 $\text{DMC}_{req}$  [rpm]を算出する。

$$\text{DMCreq} = \text{Vreq} \times 60 \times G / 720^\circ\text{CA} \quad \dots (1)$$

ここで、Gは位相可変機構21の減速比であり、カム軸16に対するモータ26の相対回転量とバルブタイミング変化量(カム軸位相の変化量)との比である。このステップ108の処理が特許請求の範囲でいう要求回転速度差算出手段としての役割を果たす。

要求回転速度差DMCreqの算出後、ステップ109に進み、図4に示すモータ制御値算出プログラムを実行してモータ制御値を算出する。この図4のモータ制御値算出プログラムは、特許請求の範囲でいうモータ制御値算出手段としての役割を果たす。本プログラムが起動されると、まず、ステップ201で、目標バルブタイミングVTtgと実バルブタイミングVTとの偏差Dが所定値以下であるか否かを判定する。偏差Dが所定値以下であれば、ステップ202に進み、式(2)のように、要求モータ回転速度RMreqをカム軸回転速度RCに設定する。

$$\text{RMreq} = \text{RC} \quad \dots (2)$$

一方、上記ステップ201で、偏差Dが所定値よりも大きいと判定された場合には、ステップ203に進み、式(3)のように、要求モータ回転速度RMreqを、カム軸回転速度RCに要求回転速度差DMCreqを加算した値に設定する。

$$\text{RMreq} = \text{RC} + \text{DMCreq} \quad \dots (3)$$

以上のようにしてステップ202又は203で要求モータ回転速度RMreqを設定した後、ステップ204に進む。ステップ204では、図5に示す要求トルクTAreqのマップ又は数式を用いて、要求モータ回転速度RMreqとカム軸回転速度RCとの差に応じた要求トルクTAreqを算出する。この要求トルクTAreqは、遊星ギヤ24を要求モータ回転速度RMreqで公転させるのに必要な正味のトルク(可変バルブタイミング装置18内部の損失トルクやカム軸16側の損失トルクを含まないトルク)である。図5に示す要求トルクTAreqのマップは、要求モータ回転速度RMreqとカム軸回転速度RCとの差に対する要求トルクTAreqの変化特性に基づいて設定されている。

この後、ステップ205に進み、図6に示すカム軸16側の損失トルクTBのマップ又は数式を用いて、カム軸回転速度RCに応じたカム軸16側の損失トルクTBを算出する。このカム軸16側の損失トルクTBは、カム軸16側の駆動

損失によって消費されるトルクである。図6に示すカム軸16側の損失トルク $T_B$ のマップは、カム軸回転速度 $R_C$ に対するカム軸16側の損失トルク $T_B$ の変化特性に基づいて設定されている。

そして、次のステップ206で、図7に示す可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ のマップ又は数式を用いて、モータ26とカム軸16の回転速度差 $DMC$ （モータ回転速度 $R_M$ とカム軸回転速度 $R_C$ との差）に応じた可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ を算出する。この可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ は、可変バルブタイミング装置18内部の摩擦損失によって消費されるトルクである。図7に示す可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ のマップは、モータ26とカム軸16の回転速度差 $DMC$ に対する可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ の変化特性に基づいて設定されている。

この後、ステップ207に進み、式(4)に示すように、要求トルク $T_{Areq}$ にカム軸16側の損失トルク $T_B$ と可変バルブタイミング装置18内部の損失トルク $T_C$ とを加算して、モータ回転速度 $R_M$ を要求モータ回転速度 $R_{Mreq}$ に制御するのに必要な要求モータトルク $T_{Mreq}$ を求める。

$$T_{Mreq} = T_{Areq} + T_B + T_C \quad \dots (4)$$

この後、ステップ208に進み、要求モータトルク $T_{Mreq}$ をマップ等により要求モータ電圧 $V_D$ に換算する。その後、ステップ209に進み、図8に示すモータ26の逆起電力 $E$ のマップ又は数式を用いて、モータ回転速度 $R_M$ に応じたモータ26の逆起電力 $E$ を算出する。図8に示すモータ26の逆起電力 $E$ のマップは、モータ回転速度 $R_M$ に対するモータ26の逆起電力 $E$ の変化特性に基づいて設定されている。

そして、次のステップ210で、式(5)に示すように、要求モータ電圧 $V_D$ に逆起電力 $E$ を加算して、モータ回転速度 $R_M$ を要求モータ回転速度 $R_{Mreq}$ に制御するのに必要なモータ印加電圧 $V_M$ を求める。

$$V_M = V_D + E \quad \dots (5)$$

以上の処理により、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ と実バルブタイミング $V_T$ との偏差 $D$ が所定値よりも大きくなったときには、要求モータ回転速度 $R_{Mreq}$ を

カム軸回転速度  $R_C$  に要求回転速度差  $DMC_{req}$  を加算した値に設定して、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  ( $=$ カム軸回転速度  $R_C$   $+$  要求回転速度差  $DMC_{req}$ ) に制御するのに必要なモータ印加電圧  $V_M$  を算出する。これにより、モータ 26 とカム軸 16 との回転速度差  $DMC$  を要求回転速度差  $DMC_{req}$  に一致させるようにモータ 26 の回転速度をフィードフォワード的に制御して、実バルブタイミング  $V_T$  を目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  の方向へ応答良く変化させることができる。

そして、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  と実バルブタイミング  $V_T$  との偏差  $D$  が所定値以下になった時点で、要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  をカム軸回転速度  $R_C$  に設定して、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  ( $=$ カム軸回転速度  $R_C$ ) に制御するのに必要なモータ印加電圧  $V_M$  を算出する。これにより、モータ 26 とカム軸 16 との回転速度差  $DMC$  を 0 にするようにモータ 26 の回転を制御して、実バルブタイミング  $V_T$  を目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  又はその近傍に安定保持する。このようにすれば、モータ駆動方式で実バルブタイミングを目標バルブタイミングに精度良く制御することができ、バルブタイミング制御精度を向上させることができる。

また、本第 1 実施形態の可変バルブタイミング装置 18 は、カム軸 16 と同心状に配置され且つクランク軸 12 の回転駆動力によって回転駆動されるアウトギヤ 22 と、カム軸 16 と一体的に回転するインナギヤ 23 と、アウトギヤ 22 の回転力をインナギヤ 23 に伝達し且つ両ギヤ 22, 23 間の相対的な回転位相を変化させる遊星ギヤ 24 と、この遊星ギヤ 24 をカム軸 16 と同心の円軌道に沿って旋回させるモータ 26 とを備えた構成としている。このため、モータ 26 全体を回転させる必要がなく、可変バルブタイミング装置 18 の回転系の慣性重量を軽量化することができると共に、モータ 26 と外部の電気配線とを固定的な接続手段によって直接接続することができ、総じて、可変バルブタイミング装置 18 の耐久性を向上させることができる。しかも、可変バルブタイミング装置 18 の構成が比較的簡単であり、低コスト化の要求も満たすことができる。

ところで、モータ 26 の出力トルクは、可変バルブタイミング装置 18 内部の摩擦損失やカム軸 16 側の駆動損失による損失トルクとしても消費される。この



ため、モータ 26 とカム軸 16 の回転速度差 DMC を要求回転速度差  $DMC_{req}$  に制御するのに必要なモータ制御値（例えばモータ印加電圧）は、可変バルブタイミング装置 18 内部やカム軸 16 側の駆動損失によって変化する。また、モータ 26 が回転するとモータ 26 に逆起電力が発生するため、モータ 26 とカム軸 16 の回転速度差 DMC を要求回転速度差  $DMC_{req}$  に制御するのに必要なモータ制御値は、モータ 26 の逆起電力によっても変化する。

これらの事情を考慮して、本第 1 実施形態では、可変バルブタイミング装置 18 内部の摩擦損失によって消費される損失トルク  $T_C$  と、カム軸 16 側の駆動損失によって消費される損失トルク  $T_B$  と、モータ 26 の逆起電力  $E$  とを用いてモータ制御値を算出するようにした。このように、可変バルブタイミング装置 18 内部やカム軸 16 側の駆動損失の変化、モータ 26 の逆起電力の変化を考慮に入れてモータ制御値を算出しているので、摩擦損失や逆起電力等の影響を受けずに、モータ 26 とカム軸 16 の回転速度差 DMC を要求回転速度差  $DMC_{req}$  に制御するのに必要なモータ制御値を精度良く算出することができる。

また、本第 1 実施形態では、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を制限速度  $V_s$  で制限するようにしたので、可変バルブタイミング装置 18 の急作動による故障や損傷を未然に回避することができる。

#### 《第 2 実施形態》

本発明の第 2 実施形態で実行する図 9 に示すモータ制御値算出プログラムは、第 1 実施形態で説明した図 4 のステップ 206 とステップ 209 の処理を、それぞれステップ 206a とステップ 209a の処理に変更したものであり、これ以外のステップの処理は図 4 と同じである。

前述した第 1 実施形態では、図 4 のステップ 206 で、モータ 26 とカム軸 16 の回転速度差 DMC（モータ回転速度  $R_M$  とカム軸回転速度  $R_C$  との差）に応じて可変バルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$  を算出し、ステップ 209 で、モータ回転速度  $R_M$  に応じてモータ 26 の逆起電力  $E$  を算出するようにした。しかしながら、本第 2 実施形態では、図 9 のステップ 206a で、モータ 26 とカム軸 16 の要求回転速度差  $DMC_{req}$ （要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  とカム軸回転速度  $R_C$  との差）に応じて可変バルブタイミング装置 18 内部の損失

トルク  $T_C$  を算出し、ステップ 209 a で、要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  に応じてモータ 26 の逆起電力  $E$  を算出するようにしている。

- 5 このようにすれば、モータ制御値の算出に用いる可変バルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$  とモータ 26 の逆起電力  $E$  をフィードフォワード的に算出することができるので、モータ回転制御の応答性を向上させることができる。これにより、レーシング時（空吹かし時）のようにエンジン回転速度（カム軸回転速度  $R_C$ ）が急変化する運転条件下でも、カム軸回転速度  $R_C$  の変化に対してモータ回転速度  $R_M$  を応答良く追従させることができ、バルブタイミング制御精度を確保することができる。

### 10 《第 3 実施形態》

次に、図 10 乃至図 12 を用いて本発明の第 3 実施形態を説明する。図 12 に示すように、モータ回転速度  $R_M$  が変化すると、モータ 26 の逆起電力が変化して有効電圧（バッテリー電圧と逆起電力との差）が変化する。また、モータ回転速度  $R_M$  の増速時と減速時とでは、有効電圧が異なる。

- 15 本第 3 実施形態では、図 10 に示すモータ制御値算出プログラムを実行することで、モータ 26 への供給電力をデューティ制御するためのデューティ値をモータ制御値として算出する。このデューティ制御では、供給電圧のデューティ値（通電率）を調整することで、供給電圧のパルス幅を調整してモータ 26 への供給電力を調整する。この場合、デューティ値が同じでも、有効電圧（バッテリー電圧と逆起電力との差）が変化すると、供給電圧パルスの振幅が変化するため、その分、  
20 モータ 26 への供給電力が変化する。

- そこで、本第 3 実施形態では、図 10 に示すモータ制御値算出プログラムを実行することで、モータ回転速度  $R_M$  及びその増減状態に基づいてデューティ値を補正する。これにより、モータ回転速度  $R_M$  やその増減状態によって有効電圧が  
25 変化するのに対応してデューティ値を補正することができる。

図 10 に示すモータ制御値算出プログラムは、前述の第 1 実施形態で説明した図 4 のステップ 208 ~ 210 の処理を、ステップ 208 b ~ 210 b の処理に変更したものであり、これ以外のステップの処理は図 4 と同じである。

本プログラムでは、ステップ 207 で、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転

速度  $R_{Mreq}$  に制御するのに必要な要求モータトルク  $T_{Mreq}$  を算出する。その後、ステップ 208b に進み、要求モータトルク  $T_{Mreq}$  をマップ等により要求デューティ値  $DDuty$  に換算する。

- 5 この後、ステップ 209b に進み、図 11 (a) 及び (b) に示すモータ増速時及びモータ減速時の有効電圧補正係数  $K$  のマップ又は数式を用いて、モータ回転速度  $R_M$  及びその増減状態に応じた有効電圧補正係数  $K$  を算出する。

- 図 12 に示すように、モータ増速時には、モータ回転速度  $R_M$  が速くなるほど有効電圧（バッテリー電圧と逆起電力との差）が小さくなり、モータ減速時には、モータ回転速度  $R_M$  が遅くなるほど有効電圧が小さくなる。このため、図 11 (a) に示すモータ増速時の有効電圧補正係数  $K$  のマップは、モータ回転速度  $R_M$  が速くなるほど有効電圧補正係数  $K$  を大きくして最終デューティ値  $Duty$  を大きくするように設定される。また、図 11 (b) に示すモータ減速時の有効電圧補正係数  $K$  のマップは、モータ回転速度  $R_M$  が遅くなるほど有効電圧補正係数  $K$  を大きくして最終デューティ値  $Duty$  を大きくするように設定されている。
- 10 有効電圧補正係数  $K$  の算出後、ステップ 210b に進み、式 (6) のように要求デューティ値  $DDuty$  を有効電圧補正係数  $K$  で補正して、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  に制御するのに必要な最終デューティ値  $Duty$  を求める。

$$Duty = DDuty \times K \quad \dots (6)$$

- 20 以上説明した本第 3 実施形態では、モータ回転速度  $R_M$  及びその増減状態に応じてデューティ値を補正するようにした。このため、モータ回転速度  $R_M$  やその増減状態によって有効電圧が変化して供給電圧パルスの振幅が変化するのに対応して、デューティ値を補正して供給電圧のパルス幅を補正することができる。この結果、供給電圧パルスの振幅変化による供給電力の変化分を供給電圧のパルス幅の補正で補うことができる。これにより、モータ回転速度  $R_M$  やその増減状態によって変化する有効電圧の影響を受けない安定したモータ回転制御を行なうことができる。

#### 《第 4 実施形態》

前述の第 1 実施形態では、カム軸回転速度  $R_C$  に要求回転速度差  $DMC_{req}$  を

加算して要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  を求め、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  に制御するようにモータ制御値を算出するようにした。それに対して、図 13 に示す本発明の第 4 実施形態では、モータ回転速度  $R_M$  をカム軸回転速度  $R_C$  と同じ基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  に制御するための基本制御値を算出すると共に、モータ回転速度  $R_M$  を基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  に対して要求回転速度差  $DMC_{req}$  だけ変化させるための変化制御値を算出し、基本制御値と変化制御値とに基づいてモータ制御値を算出するようにしている。

本第 4 実施形態で実行する図 13 のモータ制御値算出プログラムでは、まずステップ 301 で、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  と実バルブタイミング  $V_T$  との偏差  $D$  が所定値以下であるか否かを判定する。この偏差  $D$  が所定値以下であれば、ステップ 302 に進み、後述する要求トルク  $T_{Areq}$ 、損失トルク変化量  $\Delta T_B$ 、損失トルク  $T_C$ 、逆起電力変化量  $\Delta E$  を全て「0」にリセットした後、ステップ 307 に進む。

一方、ステップ 301 で、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  と実バルブタイミング  $V_T$  との偏差  $D$  が所定値よりも大きいと判定された場合には、ステップ 303 に進む。ステップ 303 では、図 5 に示す要求トルク  $T_{Areq}$  のマップ又は数式を用いて、要求回転速度差  $DMC_{req}$ （要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  とカム軸回転速度  $R_C$  との差）に応じた要求トルク  $T_{Areq}$  を算出する。その後、ステップ 304 に進み、過渡時（カム軸回転速度  $R_C$  の変化時）であれば、図 6 に示すカム軸 16 側の損失トルク  $T_B$  のマップ又は数式を用いて、カム軸回転速度変化量  $\Delta R_C$  に応じたカム軸 16 側の損失トルク変化量  $\Delta T_B$  を算出する。

この後、ステップ 305 に進み、図 7 に示す可変バルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$  のマップ又は数式を用いて、モータ 26 とカム軸 16 の回転速度差  $DMC$ （モータ回転速度  $R_M$  とカム軸回転速度  $R_C$  との差  $DMC$ ）に応じた可変バルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$  を算出する。次に、ステップ 306 では、図 8 に示すモータ 26 の逆起電力  $E$  のマップ又は数式を用いて、モータ回転速度変化量  $\Delta R_M$ （モータ回転速度  $R_M$  - 基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$ ）に応じたモータ 26 の逆起電力変化量  $\Delta E$  を算出する。

これら要求トルク  $T_{Areq}$ 、カム軸 16 側の損失トルク変化量  $\Delta T_B$ 、可変バ

ルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$ 、モータ 26 の逆起電力変化量  $\Delta E$  が、モータ回転速度  $R_M$  を基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  (=カム軸回転速度  $R_C$ ) に対して要求回転速度差  $DMC_{req}$  だけ変化させるための変化制御値に相当する。

- 5 この後、ステップ 307 に進み、図 6 に示すカム軸 16 側の損失トルク  $T_B$  のマップ又は数式を用いて、カム軸回転速度  $R_C$  に応じたカム軸 16 側の損失トルク  $T_B$  を算出する。ステップ 308 では、図 8 に示すモータ 26 の逆起電力  $E$  のマップ又は数式を用いて、基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  (=カム軸回転速度  $R_C$ ) に応じたモータ 26 の基本逆起電力  $E_{base}$  を算出する。これらカム軸 16 側の損失トルク  $T_B$  とモータ 26 の基本逆起電力  $E_{base}$  が、モータ回転速度  $R_M$  を基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  (=カム軸回転速度  $R_C$ ) に制御するための基本制御値に相当する。

- 15 次のステップ 309 で、式 (7) に示すように、要求トルク  $T_{Areq}$  にカム軸 16 側の損失トルク  $T_B$  と損失トルク変化量  $\Delta T_B$  と可変バルブタイミング装置 18 内部の損失トルク  $T_C$  とを加算して、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  に制御するのに必要な要求モータトルク  $T_{Mreq}$  を求める。

$$T_{Mreq} = T_{Areq} + T_B + \Delta T_B + T_C \quad \dots (7)$$

- 20 この後、ステップ 310 に進み、要求モータトルク  $T_{Mreq}$  をマップ等により要求モータ電圧  $V_D$  に換算する。ステップ 311 では、式 (8) に示すように、要求モータ電圧  $V_D$  に基本逆起電力  $E_{base}$  と逆起電力変化量  $\Delta E$  とを加算して、モータ回転速度  $R_M$  を要求モータ回転速度  $R_{Mreq}$  に制御するのに必要なモータ印加電圧  $V_M$  を求める。

$$V_M = V_D + E_{base} + \Delta E \quad \dots (8)$$

- 25 以上の処理により、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  と実バルブタイミング  $V_T$  との偏差  $D$  が所定値よりも大きくなったときには、モータ回転速度  $R_M$  を基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  (=カム軸回転速度  $R_C$ ) に制御するための基本制御値 ( $T_{Areq}$ 、 $\Delta T_B$ 、 $T_C$ 、 $\Delta E$ ) と、モータ回転速度  $R_M$  を基本モータ回転速度  $R_{Mbase}$  に対して要求回転速度差  $DMC_{req}$  だけ変化させるための変化制御値 ( $T_B$ 、 $E_{base}$ ) とに基づいてモータ印加電圧  $V_M$  を算出する。これにより、モータ

26とカム軸16との回転速度差DMCを要求回転速度差DMCreq に一致させるようにモータ26の回転速度をフィードフォワード的に制御して、実バルブタイミングVTを目標バルブタイミングVTtg の方向へ応答良く変化させることができる。

- 5     そして、目標バルブタイミングVTtg と実バルブタイミングVTとの偏差Dが所定値以下になったときに、モータ回転速度RMを基本モータ回転速度RMbase (=カム軸回転速度RC)に制御するのに必要なモータ印加電圧VMを算出する。これにより、モータ26とカム軸16との回転速度差DMCを0にするようにモータ26の回転速度を制御し、実バルブタイミングVTを目標バルブタイミングVTtg 又はその近傍に安定保持する。このようにしても、モータ駆動方式で実バルブタイミングを目標バルブタイミングに精度良く制御することができ、バルブタイミング制御精度を向上させることができる。
- 10

#### 《第5実施形態》

- 本発明の第5実施形態で実行する図14に示すモータ制御値算出プログラムは、
- 15   前述の第4実施形態で説明した図13のステップ305とステップ306の処理を、それぞれステップ305aとステップ306aの処理に変更したものであり、これ以外のステップの処理は図13と同じである。

- 前述の第4実施形態では、図13のステップ305で、モータ26とカム軸16の回転速度差DMC (モータ回転速度RMとカム軸回転速度RCとの差) に応じて可変バルブタイミング装置18内部の損失トルクTCを算出し、次のステップ306で、モータ回転速度変化量  $\Delta RM$  (モータ回転速度RM-基本モータ回転速度RMbase) に応じてモータ26の逆起電力変化量  $\Delta E$  を算出した。それに対して、本第5実施形態では、図14のステップ305aで、モータ26とカム軸16の要求回転速度差DMCreq (要求モータ回転速度RMreq とカム軸回転速度RCとの差) に応じて可変バルブタイミング装置18内部の損失トルクTC
- 20
- 25   を算出する。そして、次のステップ306aで、要求モータ回転速度変化量  $\Delta RMreq$  (要求モータ回転速度RMreq -基本モータ回転速度RMbase) に応じてモータ26の逆起電力変化量  $\Delta E$  を算出する。

このようにすれば、モータ制御値の算出に用いる可変バルブタイミング装置1

8 内部の損失トルク  $T_C$  とモータ 26 の逆起電力変化量  $\Delta E$  をフィードフォワード的に算出することができる。従って、モータ回転制御の応答性を向上させることができ、前述の第 2 実施形態と同じ効果を得ることができる。

5 尚、第 4 及び第 5 実施形態では、モータ制御値としてモータ印加電圧を算出するようにしたが、モータ制御値としてデューティ値を算出するようにしても良い。その際、第 3 実施形態と同じように、モータ回転速度及びその増減状態に基づいてデューティ値を補正するようにすると良い。

また、第 1 ～ 第 5 実施形態では、バルブタイミング変化速度に対して制限値（制限速度  $V_s$ ）を設けるようにしたが、モータ 26 とカム軸 16 との回転速度差や  
10 モータ回転速度に対して制限値を設けるようにしても良い。更に、それらの制限値をエンジン運転状態（例えばエンジン回転速度、冷却水温、吸入空気量、負荷等）に応じて変化させるようにしても良い。

また、バルブタイミングやバルブタイミング変化速度の目標値に対する収束状態に基づいて、モータ制御値又はモータ制御値の算出に用いる制御パラメータ（要求トルク  $T_{Areq}$ 、カム軸 16 側の損失トルク  $T_B$ 、可変バルブタイミング装置  
15 18 内部の損失トルク  $T_C$ 、モータ 26 の逆起電力  $E$ 、有効電圧補正係数  $K$  等）を修正し、その修正結果を学習するようにしても良い。また、その修正結果に基づいて各制御パラメータの算出に用いるマップや数式を修正するようにしても良い。

## 20 《第 6 実施形態》

次に、本発明の第 6 実施形態について説明する。

現在、実用化されている可変バルブタイミング装置は、内燃機関のクランク軸に対するカム軸の回転位相（以下「カム軸位相」という）を可変することで、カム軸によって開閉駆動される吸気バルブや排気バルブのバルブタイミングを可変  
25 するものが多い。その際に、実バルブタイミング（実カム軸位相）を検出する方法として、例えば、特開 2001-355462 号公報）に記載されているように、所定クランク角毎にクランク角センサから出力されるクランク角信号と所定カム角毎にカム角センサ出力されるカム角信号とに基づいて実バルブタイミングを算出するようにしたものがある。

しかし、上記従来のバルブタイミング算出方法では、前回のカム角信号が出力されてから次のカム角信号が出力されるまでの期間（つまりカム角信号が出力されない期間）は、実バルブタイミングを算出することができない。このため、実際には実バルブタイミングが連続的に変化していても、実バルブタイミングの算  
5 出値を段階的にしか更新することができず、その分、可変バルブタイミング制御精度が低下するという欠点があった。

そのため、本第6実施形態では、カム角信号が出力されない期間においても、実バルブタイミングを算出することができ、可変バルブタイミング制御精度を向上させることができる内燃機関の可変バルブタイミング制御装置を提供すること  
10 を目的とする。

まず、本第6実施形態による内燃機関の可変バルブタイミング制御装置の概略について説明する。本第6実施形態による可変バルブタイミング装置は、カム軸と同心状に配置され且つクランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の  
15 回転部材と、カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、第1の回転部材の回転力を第2の回転部材に伝達し且つ第1の回転部材に対する第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材と、この位相可変部材の回転位相を制御するよう  
にカム軸と同心に配置されたモータとを備え、バルブタイミングを変化させないときは、モータの回転速度をカム軸の回転速度に一致させて、位相可変部材の  
20 回転速度をカム軸の回転速度に一致させることで、第1の回転部材と第2の回転部材との回転位相の差を現状維持してカム軸位相を現状維持し、バルブタイミングを変化させるときは、モータの回転速度をカム軸の回転速度に対して変化させて、位相可変部材の回転速度をカム軸の回転速度に対して変化させることで、第1の回転部材と第2の回転部材との回転位相の差を変化させてカム軸位相を変化  
25 させるように構成している。この構成では、モータ全体を回転させる必要がないため、可変バルブタイミング装置の回転系の慣性重量を軽量化することができる  
と共に、モータと外部の電気配線とを固定的な接続手段によって直接接続することができ、総じて、可変バルブタイミング装置の耐久性を向上させることができる。しかも、可変バルブタイミング装置の構成が比較的簡単であり、低コスト化の要求も満たすことができる。



また、第6実施形態のように、モータの回転速度をカム軸の回転速度に対して変化させてバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置では、モータの回転速度とカム軸の回転速度との差に応じてバルブタイミング変化量（カム軸位相変化量）が変化する。このため、モータの回転速度とカム軸の回転速度との差に基づいてバルブタイミング変化量を算出することができる。

- 5 この点に着目して、第6実施形態では、カム角センサからカム角信号が出力される毎に、該カム角信号とクランク角センサから出力されるクランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングを算出すると共に、所定の演算周期で、モータの回転速度とカム軸の回転速度との差に基づいてバルブタイミング変化量を算出し、所定の演算周期で、カム角信号出力時の実バルブタイミングとバルブタイミング変化量とに基づいて最終的な実バルブタイミングを算出するようにした。

- 15 具体的には、演算周期当りのバルブタイミング変化量を算出してその算出値を積算すると共に、カム角信号が出力される毎にバルブタイミング変化量の積算値をリセットし、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるようにすると良い。

- 20 モータの回転速度とカム軸の回転速度との差に基づいて算出するバルブタイミング変化量は、カム角信号が出力されない期間でも算出することができるので、カム角信号が出力されない期間に、最新のカム角信号出力後のバルブタイミング変化量を算出すれば、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミングに、それ以後のバルブタイミング変化量を加算して最終的な実バルブタイミングを精度良く求めることができる。これにより、カム角信号が出力されない期間でも、実バルブタイミングを連続的に精度良く算出することが可能となり、可変バルブタイミング制御精度を向上させることができる。

25 ところで、バルブタイミング変化量を算出する際に用いるカム軸の回転速度は、カム角信号の出力周期に基づいて算出することが考えられるが、一般に、カム軸1回転当りのカム角信号の出力数は少ないため、各気筒の爆発行程毎に変動するカム軸の回転速度の変動をカム角信号の出力周期から検出することは困難である。

一方、クランク角センサから出力されるクランク角信号の数は、カム角信号の数と比べて遥かに多いため、クランク角信号を用いれば、各気筒の爆発行程毎に変動するクランク軸の回転速度の変動を検出することができる。

- そこで、クランク軸が2回転する間にカム軸が1回転するという関係を考慮して、カム軸の回転速度のデータとして、クランク角センサのクランク角信号の出力周期に基づいて検出されるクランク軸の回転速度の $1/2$ の値を用いるようにすると良い。このようにすれば、少ないカム角信号からカム軸の回転速度を検出する場合よりも精度の良いカム軸の回転速度を用いてバルブタイミング変化量を算出することができ、実バルブタイミングの算出精度を向上することができる。
- 10 内燃機関の停止中には、カム軸の回転速度が0になるため、停止時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めるようにすると良い。これにより、内燃機関の停止中でも、実バルブタイミングを精度良く算出することができる。
- 15 き、内燃機関の停止中でも実バルブタイミングを目標値に制御することができる。また、停止時の実バルブタイミングが不明な場合も、機械的な基準位置（例えば最遅角位置）又は他の手段で検出した基準位置からのバルブタイミング変化量の積算値で実バルブタイミングを算出することができる。

- また、カム角センサが故障すると、カム角信号が出力されなくなることを考慮して、カム角センサの故障時には、故障前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めるようにすると良い。これにより、カム角センサの故障時でも、実バルブタイミングを精度良く算出することができ、カム角センサの故障中でも実バルブタイミングを目標値に制御することができる。
- 20 25 ができる。また、カム角センサ故障前の実バルブタイミングが不明な場合も、機械的な基準位置（例えば最遅角位置）又は他の手段で検出した基準位置からのバルブタイミング変化量の積算値で実バルブタイミングを算出することができる。

以下、第6実施形態による可変バルブタイミング制御装置について図面に基づ

いて詳細に説明する。なお、第6実施形態による可変バルブタイミング制御装置のシステム構成は、図1及び図2に示すものと同様であるため、説明を省略する。

第6実施形態におけるECU30は、可変バルブタイミング制御プログラム(図示せず)を実行することで、吸気バルブの実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるように可変バルブタイミング装置18をフィードバック制御する。

その際、ECU30は、図15乃至図17に示す実バルブタイミング算出プログラムを実行することで、クランク角センサ20から出力されるクランク角信号とカム角センサ19から出力されるカム角信号とに基づいてセンサ出力時の実バルブタイミングVTCを算出する。さらに、モータ26の回転速度RMと吸気側カム軸16の回転速度RCとの差に基づいてバルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を算出する。そして、カム角信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以後のバルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を加算して最終的な実バルブタイミングVTを求める。

図15乃至図17に示す実バルブタイミング算出プログラムは、イグニッションスイッチ(図示せず)のオン後に所定時間毎に実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ401で、エンジン回転中であるか否かを、例えば、クランク角センサ20から出力されるクランク角信号の出力周期から算出したエンジン回転速度が0か否かによって判定する。

エンジン回転中と判定されれば、ステップ402に進み、カム角センサ19が正常であるか否かを、カム角センサ故障診断プログラム(図示せず)による故障診断結果に基づいて判定する。その結果、カム角センサ19が正常である(故障していない)と判定されれば、ステップ403に進み、カム角センサ19から出力されるカム角信号が入力されたか否かを判定する。

そして、カム角信号が入力されたと判定されたときに、ステップ404に進み、カム角信号の入力時刻 $T_{cam}$ をECU30のメモリ(図示せず)に記憶する。その後、ステップ405に進み、その直後にクランク角センサ20から出力されたクランク角信号の入力時刻 $T_{crk}$ をメモリに記憶する。

この後、ステップ406に進み、クランク角信号に対するカム角信号の時刻差

TVTを式(9)により算出する。

$$TVT = T_{crk} - T_{cam} + K \quad \dots (9)$$

ここで、Kは、カム角センサ19とクランク角センサ20の応答遅れの差を補正するための補正量である。

- 5     そして、次のステップ407で、クランク角信号に対するカム角信号の時刻差TVTを用いて、式(10)によりクランク角信号に対するカム角信号の回転位相VTBを算出する。

$$VTB = TVT / T_{120} \times 120^\circ CA \quad \dots (10)$$

- 10    ここで、T<sub>120</sub>は、クランク軸12が120°CA回転するのに要した時間であり、クランク角センサ20の出力信号に基づいて算出される。

- この後、ステップ408に進み、バルブタイミングが基準位置(例えば最遅角位置)に制御された状態であるか否かを判定する。バルブタイミングが基準位置であれば、ステップ409に進み、式(11)に示すように、現在のクランク角信号に対するカム角信号の回転位相(カム軸位相)VTBを、クランク軸12に  
15    対する吸気側カム軸16の回転位相の基準位置(基準カム軸位相)VTBKとして学習した後、ステップ410に進む。

$$VTBK = VTB \quad \dots (11)$$

- 一方、ステップ408で、バルブタイミングが基準位置ではないと判定された場合には、ステップ409の基準位置学習処理を行わずにステップ410に進む。  
20    ステップ410では、式(12)に示すように、現在のクランク角信号に対するカム角信号の回転位相VTBと基準位置VTBKとを用いて、基準位置VTBKを基準としたカム角信号の回転位相VTCを算出する。これがカム角信号出力時の実バルブタイミングVTCとなる。

$$VTC = VTB - VTBK \quad \dots (12)$$

- 25    これらのステップ403～410の処理が、特許請求の範囲でいうカム角信号出力時バルブタイミング算出手段としての役割を果たし、カム角信号が入力(出力)される毎に、カム角信号とクランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングVTCを算出する。

この後、ステップ411に進み、カム角信号出力時の実バルブタイミングVT

Cが算出される毎（カム角信号が入力される毎）に、後述するバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$ 、 $\Delta VTS$ を両方とも「0」にリセットする。その後、ステップ 419に進み、最終的な実バルブタイミングVTを式（13）により算出する。

$$VT = VTC + \Delta VTH + \Delta VTS \quad \dots (13)$$

- 5 従って、カム角信号の入力時（出力時）には、ステップ411のリセット処理により、 $\Delta VTH = 0$ 、 $\Delta VTS = 0$ となるため、 $VT = VTC$ となる。

一方、ステップ403で、カム角信号が入力されていないと判定された場合には、図16のステップ412に進み、式（14）のように、モータ26の回転速度RM [rpm]と吸気側カム軸16の回転速度RC [rpm]との回転速度差

- 10 DMC [rpm]を算出する。

$$DMC = RM - RC \quad \dots (14)$$

この場合、吸気側カム軸16の回転速度RCは、式（15）に示すように、クランク角センサ20から出力されるクランク角信号の出力周期に基づいて算出したクランク軸12の回転速度（エンジン回転速度） $\times 1/2$ の値を用いる。

- 15 カム軸回転速度RC = クランク軸回転速度  $\times 1/2$   $\dots (15)$

この後、ステップ413に進み、式（16）に従って回転速度差DMC [rpm]を1秒当りの回転差RVT [rev/s]に換算する。

$$RVT = DMC / 60 \quad \dots (16)$$

- そして、次のステップ414で、バルブタイミング変化量  $\Delta VTH$ の演算周期  
20 （本プログラムの実行周期）P [s]当りのバルブタイミング変化量dVTHを式（17）により算出する。

$$dVTH = RVT / G \times 720^\circ CA \times P \quad \dots (17)$$

- ここで、Gは位相可変機構21の減速比であり、吸気側カム軸16に対するモータ26の相対回転量とバルブタイミング変化量（カム軸位相の変化量）との比  
25 である。

この後、ステップ415に進み、式（18）に示すように、演算周期P当りのバルブタイミング変化量dVTHを積算して、バルブタイミング変化量  $\Delta VTH$ を算出する。

$$\Delta VTH = \Delta VTH + dVTH \quad \dots (18)$$

これらのステップ412～415の処理が、特許請求の範囲でいうバルブタイミング変化量算出手段としての役割を果たし、カム角信号が入力されない期間に、演算周期P当りのバルブタイミング変化量 $dVTH$ を積算して、最新のカム角信号出力後のバルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ を求める。

- 5 また、図15のステップ402で、カム角センサ19が故障していると判定された場合も、これらのステップ412～415の処理を実行する。すなわち、カム角センサ19の故障中に演算周期P当りのバルブタイミング変化量 $dVTH$ を積算して、カム角センサ19の故障前の最後のカム角信号出力時から現在までのバルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ を求める。
- 10 バルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ の算出後、図15のステップ419に進み、最終的な実バルブタイミング $VT$ を上述した式(13)により算出する。カム角センサ19の故障時は、 $\Delta VTS=0$ であるため、 $VT=VTC+\Delta VTH$ となる。

- 一方、ステップ401で、エンジン停止中と判定された場合には、図17のステップ416に進む。ステップ416では、式(19)に示すように、モータ26の回転速度 $RM[rpm]$ のみを用いて1秒当りの回転差 $RVT[rev/s]$ を算出する。

$$RVT=RM/60 \quad \dots (19)$$

- この後、ステップ417に進み、バルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ の演算周期(つまり本プログラムの実行周期)P[s]当りのバルブタイミング変化量 $dVTS$ を式(20)により算出する。

$$dVTS=RVT/G \times 720^\circ CA \times P \quad \dots (20)$$

ここで、Gは位相可変機構21の減速比である。

- この後、ステップ418に進み、式(21)に示すように、演算周期P当りのバルブタイミング変化量 $dVTS$ を積算して、停止前の最後のカム角信号出力から現在までのバルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ を求める。

$$\Delta VTS=\Delta VTS+dVTS \quad \dots (21)$$

これらのステップ416～418の処理も特許請求の範囲でいうバルブタイミング変化量算出手段としての役割を果たす。

バルブタイミング変化量  $\Delta VTS$  の算出後、図15のステップ419に進み、最終的な実バルブタイミング  $VT$  を上述した式(13)により算出する。ここで、エンジン停止中は  $\Delta VTH = 0$  であるため、 $VT = VTC + \Delta VTS$  となる。尚、このステップ419の処理が特許請求の範囲でいう最終バルブタイミング算出手段としての役割を果たす。

以上の処理により、エンジン回転中にカム角信号が入力される毎に、カム角信号とクランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  が算出される。そして、カム角信号の入力時(出力時)には、ステップ411のリセット処理により、バルブタイミング変化量  $\Delta VTH$ 、 $\Delta VTS$  が0にリセットされるため、カム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  がそのまま最終的な実バルブタイミング  $VT$  となる。

一方、カム角信号が入力されない期間には、モータ26と吸気側カム軸16の回転速度差  $DMC$  に基づいて、演算周期当りのバルブタイミング変化量  $dVTH$  を算出して積算する。そして、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  に、それ以後のバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  ( $dVTH$  の積算値)を加算して最終的な実バルブタイミング  $VT$  を求める。これにより、カム角信号が出力されない期間でも、実バルブタイミング  $VT$  を連続的に精度良く算出することが可能となり、可変バルブタイミング制御精度を向上させることができる。

また、エンジン停止時には、停止前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  に、それ以後のバルブタイミング変化量  $\Delta VTS$  を加算して最終的な実バルブタイミング  $VT$  を求める。このため、エンジン停止中でも、実バルブタイミング  $VT$  を精度良く算出することができ、実バルブタイミング  $VT$  を目標値に制御することができる。

また、カム角センサ19の故障時には、故障前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  に、それ以後のバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  を加算して最終的な実バルブタイミング  $VT$  を求める。このため、カム角センサ19の故障時でも、実バルブタイミング  $VT$  を精度良く算出することができ、実バルブタイミング  $VT$  を目標値に制御することができる。

尚、エンジン停止時やカム角センサ19の故障時に、機械的な基準位置(例え

ば最遅角位置)又は他の手段で検出した基準位置からのバルブタイミング変化量の積算値で実バルブタイミングを算出するようにしても良い。

#### 《第7実施形態》

次に、第7実施形態について説明する。上述した第6実施形態では、モータ26の回転速度RMと吸気側カム軸16の回転速度RCとの差に基づいてバルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を算出し、カム角信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以後のバルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を加算して最終的な実バルブタイミングVTを求めた。

これに対して、第7実施形態では、モータ26の回転速度RMと吸気側カム軸16の回転速度RCとの差(バルブタイミング変化量 $\Delta VT$ )を、モータ26の回転角度の変化量と、カム軸の回転角度の変化量とに基づいて算出し、カム角信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以降のバルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を加算して最終的な実バルブタイミングを求める。

以下、バルブタイミング変化量 $\Delta VT$ を、モータ26の回転角度の変化量と、カム軸の回転角度の変化量とに基づいて算出する第7実施形態を図18、図19のフローチャートを用いて説明する。尚、図18は、第6実施形態において説明した図16のエンジン運転中のバルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ を算出するための処理に替えて行われる処理を示す。また、図19は、図17のエンジン停止中のバルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ の算出するための処理に替えて行われる処理を示す。なお、第6実施形態における図15のフローチャートに示す処理は、第7実施形態においても全く同様に実行される。

まず、図18のフローチャートについて説明する。図18は、エンジン運転中にカム角センサ信号が入力された後の実バルブタイミングを算出するための処理である。この処理においては、モータ回転角の変化量とカム軸回転角の変化量を比較する。モータ回転角の変化量とカム軸回転角の変化量を比較するために、第7実施形態では、モータ角度信号の出力回数カウンタのカウント値とクランク角度信号の出力回数カウンタのカウント値との比較を行っている。

ここで、カム軸信号を用いる代わりに、クランク角度信号を用いる理由は、クランク軸とカム軸とが減速比1/2で接続されており、クランク角度信号を用いて



もカム軸の角度信号を把握できることに加え、一般的に、カム軸パルスに対してクランク軸パルスの方が多パルスであるからである。これにより、カム角度信号を用いるよりも、クランク角度信号を用いる方が精度良くカム軸回転角の変化量を求めることができる。

- 5 尚、本実施形態では、クランク軸のパルスは $10^{\circ}$  CA毎に合計36個あり、実際の演算に用いられるパルスは $30^{\circ}$  CA毎のパルスである。つまり、12個のパルスが用いられている。一方、モータ26には、 $30^{\circ}$  CA毎のパルスを用いている。

- 10 しかしながら、カム軸とクランク軸には $1/2$ の減速比がある。そこで、まず、ステップ420では、モータ26の回転角度のカウント値と、クランク角度信号のカウント値の1カウントあたりの変化角度を同一とするように、例えばクランク角度信号のカウント値を $1/2$ に補正する。逆に、モータ26の回転角度のカウント値を2倍するように補正しても良い。このようにして、両カウンタの1カウント値の角度変化量を揃えて、ステップ421に進む。

- 15 ステップ421では、クランク回転角度の変化量を算出する。実際には、前回の演算時から今回の演算時までにカウントされたクランク角度信号のカウント値に基づいて変化量を算出する（クランク角カウンタの変化量＝今回演算時クランク角カウンタ－前回演算時クランク角カウンタ）。

- 20 次に、ステップ422に進み、モータ26の回転角度の変化量を算出する。実際には、前回の演算時から今回の演算時までにカウントされたモータ26の回転角度信号のカウント値に基づいて変化量を算出する（モータ角カウンタの変化量＝今回演算時モータ角カウンタ－前回演算時モータ角カウンタ）。

- 25 そして、続くステップ423において、クランク角カウンタの変化量とモータ角カウンタの変化量の差を算出し、ステップ424において、カム軸に対するモータの角度変化量を算出する。具体的には、ステップ424において、「カム軸に対するモータの角度変化量＝（モータ角カウンタの変化量－クランク角カウンタの変化量） $\times$ 1カウントあたりの回転角度」で示される演算式を用いてカム軸に対するモータの角度変化量を演算する。

次に、ステップ425では、カム軸に対するモータの角度変化量にバルブタイ

ミング変更部の減速比  $1/G$  分を補正して、演算周期当たりのバルブタイミングの変化量  $dVTH$  を算出する (バルブタイミング変化量  $dVTH$  = カム軸に対するモータの角度変化量  $/G$  (減速比))。ここで、 $G$  は可変バルブタイミング装置 18 の位相可変機構 21 の減速比であり、吸気側カム軸 16 に対するモータ 26 の

5 相対回転量とバルブタイミング変化量 (カム軸位相の変化量) との比である。

この後、ステップ 426 に進み、式 (22) に示すように、前回の演算から今回の演算までに変化したバルブタイミングの位相、つまり、バルブタイミング変化量  $dVTH$  を前回までのバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  に積算して、最終的なバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  を算出する。

10 
$$\Delta VTH = \Delta VTH (i-1) + dVTH \quad \dots (22)$$

これらのステップ 420 ~ 426 の処理が、特許請求の範囲でいうバルブタイミング変化量算出手段としての役割を果たし、カム角信号が入力されない期間のバルブタイミングの変化量  $\Delta VTH$  を算出する。

また、図 15 のステップ 402 において、カム角センサ 19 が故障したと判定

15 された場合であっても、図 18 の処理を実行してカム角センサ 19 の故障中のバルブタイミング変化量  $dVTH$  を積算して、カム角センサ 19 の故障前の最後のカム角信号出力時から現在までのバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  を求める事も可能である。これにより、カム角センサ 19 が故障した場合であっても、精度良く実バルブタイミングを演算できる。

20 バルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  の算出後は、図 15 のステップ 419 に進み、最終的な実バルブタイミング  $VT$  を上述した式 (13) により算出する。なお、カム角センサ 19 の故障時は、 $\Delta VTS = 0$  であるため、 $VT = VTC + \Delta VTH$  となる。

上述した図 18 のフローチャートによる処理による実バルブタイミングの算出

25 例を図 20 のタイミングチャートに示す。図 18 のフローチャートに示す処理では、モータ 26 の回転角度の変化量と、カム軸の回転角度の変化量との差に基づいて、カム角信号出力時の実バルブタイミング  $VTC$  に、それ以降のバルブタイミング変化量  $\Delta VTH$  を加算して最終的な実バルブタイミング  $VT$  を求めている。従って、図 20 のタイミングチャートに示すように、カム角信号が入力され

ない期間においても、実バルブタイミングVTを連続的に精度良く算出することが可能となり、可変バルブタイミング制御精度を向上させることができる。

一方、図15のフローチャートのステップ401で、エンジン停止中と判定された場合には、図19の処理を実行する。この図19の処理は、エンジン停止中のバルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ を算出するためのものである。

まず、ステップ427では、モータ26の回転角度の変化量を算出する。実際には、前回の演算時から今回の演算時までにカウントされたモータ26の回転角度信号のカウント値に基づいて変化量を算出する（モータ角カウンタの変化量＝今回演算時モータ角カウンタ－前回演算時モータ角カウンタ）。そして、ステップ428において、モータ26のモータ回転角度の変化量のみで、カム軸に対するモータ26の角度変化量を算出する。具体的には、「カム軸に対するモータの角度変化量＝モータ角カウンタの変化量×1カウント値あたりの回転角度」の演算式を用いて算出する。

次に、ステップ429では、カム軸に対するモータ26の角度変化量にバルブタイミング変更部の減速比 $1/G$ 分を補正して、バルブタイミング変化量 $dVTS$ を算出する（バルブタイミング $dVTS$ ＝カム軸に対するモータの角度変化量/ $G$ （減速比））。

この後、ステップ430に進み、式（23）に示すように、前回の演算時期から今回の演算時期までに変化したバルブタイミング、つまり、バルブタイミング変化量 $dVTS$ を前回までの $\Delta VTS$ に積算して現在までのバルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ を算出する。

$$\Delta VTS = \Delta VTS (i-1) + dVTS \quad \dots (23)$$

従って、図19のフローチャートに示す処理が、特許請求の範囲でいうバルブタイミング変化量算出手段としての役割を果たす。

バルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ を算出した後、図15のステップ419へ進み、最終的な実バルブタイミングVTを算出する（ $VT = VTC + \Delta VTH + \Delta VTS$ ）。ここで、エンジン停止中であるため、 $VTH = 0$ となり、 $VT = VTC + \Delta VTS$ となる。なお、上記ステップ419の処理が特許請求の範囲でいう最終バルブタイミング算出手段としての役割を果たす。

以上説明したように、図18の処理では、エンジン運転中において、モータ回転角度の変化量とカム軸回転角度の変化量の比較からバルブタイミング変化量を算出した場合も、モータと吸気側カム軸の回転速度差に基づいて、バルブタイミング変化量を算出した場合と同様に、指針となるカム角信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以降のバルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ を加算して最終的な実バルブタイミングVTを求める。これにより、カム角信号が出力されない期間でも、実バルブタイミングVTを連続的に精度良く算出することが可能となり、可変バルブタイミング制御精度を向上できる。

また、エンジン停止中には、停止前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以後のバルブタイミング変化量 $\Delta VTS$ を加算して最終的な実バルブタイミングVTを求めるようにした。このため、エンジン停止中でも実バルブタイミングVTを精度良く算出することができ、エンジン停止中でも、実バルブタイミングVTを目標値に制御できる。

また、カム角センサ19の故障時には、故障前の最後のカム各信号出力時の実バルブタイミングVTCに、それ以後のバルブタイミング変化量 $\Delta VTH$ を加算して最終的な実バルブタイミングVTを求めるようにした。このため、カム角センサ19の故障時でも、実バルブタイミングVTを精度良く算出でき、実バルブタイミングVTを目標値に制御できる。

尚、エンジン停止時やカム角センサ19の故障時に、機械的な基準位置（例えば最遅角位置）又は他の手段で検出した基準位置からのバルブタイミング変化量の積算値で実バルブタイミングを算出するようにしても良い。

また、上述した第6及び第7実施形態の可変バルブタイミング装置18は、カム軸16と同心状に配置され且つクランク軸12の回転駆動力によって回転駆動されるアウトギヤ22（第1の回転部材）と、カム軸16と一体的に回転するインナギヤ23（第2の回転部材）と、アウトギヤ22の回転力をインナギヤ23に伝達し且つ両ギヤ22, 23間の相対的な回転位相を変化させる遊星ギヤ24（位相可変部材）と、この遊星ギヤ24をカム軸16と同心の円軌道に沿って旋回させるモータ26とを備え、バルブタイミングを変化させないときは、モータ26の回転速度をカム軸16の回転速度に一致させて、遊星ギヤ24の旋回速度

をカム軸 16 の回転速度に一致させることで、アウトギヤ 22 とインナギヤ 23 との回転位相の差を現状維持してカム軸位相を現状維持し、バルブタイミングを変化させるときは、モータ 26 の回転速度をカム軸 16 の回転速度に対して変化させて、遊星ギヤ 24 の旋回速度をカム軸 16 の回転速度に対して変化させることで、アウトギヤ 22 とインナギヤ 23 との回転位相の差を変化させてカム軸位相を変化させるように構成している。この構成では、モータ 26 全体を回転させる必要がないため、可変バルブタイミング装置 18 の回転系の慣性重量を軽量化することができると共に、モータ 26 と外部の電気配線とを固定的な接続手段によって直接接続することができ、総じて、可変バルブタイミング装置 18 の耐久性を向上させることができる。しかも、可変バルブタイミング装置 18 の構成が比較的簡単であり、低コスト化の要求も満たすことができる。

また、上述した第 1 実施形態～第 7 実施形態では吸気バルブの可変バルブタイミング制御装置について説明したが、本発明は、吸気バルブの可変バルブタイミング制御装置に限定されず、排気バルブの可変バルブタイミング制御装置に適用しても良い。更に、可変バルブタイミング装置 18 の位相可変機構は、上述した実施形態のような遊星歯車機構を用いたものに限定されず、他の方式の位相可変機構を用いても良く、要は、モータの回転速度をカム軸の回転速度に対して変化させることでバルブタイミングを可変するモータ駆動式の可変バルブタイミング装置であれば良い。

## 20 《第 8 実施形態》

次に、本発明の第 8 実施形態について説明する。

一般に、可変バルブタイミング装置は、バルブタイミングの可変範囲の限界位置（可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置）を、位相可変機構の可動部品をストッパ部に当接させることで機械的に制限するようにしている。このため、バルブタイミングを可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置（最遅角位置や最進角位置）又はその近傍へ制御する際に、オーバーシュートして位相可変機構の可動部品が十分に減速されずにストッパ部に激突することがある。この激突時の衝撃荷重によって、位相可変機構のギヤの噛み合い部分に大きな荷重が掛かって、ギヤ同士が噛み込んでロック状態になったり、ギヤ機構が損傷する

おそれがあり、バルブタイミングを正常に制御できなくなってしまう可能性がある。

そのため、第8実施形態では、バルブタイミングを可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置又はその近傍へ制御する際に、可変バルブタイミング装置のギヤ機構の噛み込みや損傷を未然に防止することができ、可変バルブタイミング装置の動作信頼性を向上させることが可能な可変バルブタイミング制御装置を提供することを目的としている。

まず、第8実施形態による内燃機関の可変バルブタイミング制御装置の概略について説明する。第8実施形態による可変バルブタイミング制御装置は、実バルブタイミングが可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置付近に設定された所定の速度制限領域内にあるときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に制限する速度制限制御を実行するようにしたものである。このようにすれば、実バルブタイミングが限界位置付近の速度制限領域内にあるときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に減速して位相可変機構の可動部品の動作速度を強制的に減速することができる。従って、位相可変機構の可動部品が減速されずにストッパ部に激突することを回避することができ、ギヤ機構の噛み込みや損傷を未然に防止することができる。

この場合、実バルブタイミングが速度制限領域内にある場合でも、その速度制限領域の限界位置と反対方向へ実バルブタイミングを変化させるとき（例えば最遅角位置付近から進角方向へ実バルブタイミングを変化させるとき）には、バルブタイミング変化速度が大きくても、位相可変機構の可動部品とストッパ部との衝突は発生しない。そのため、実バルブタイミングが速度制限領域内にある場合でも、その速度制限領域の限界位置と反対方向へ実バルブタイミングを変化させるときには、速度制限制御を実行しないようにすると良い。このようにすれば、実バルブタイミングが速度制限領域内であっても、位相可変機構の可動部品とストッパ部との衝突が発生しない方向へ実バルブタイミングを変化させるときには、バルブタイミング変化速度を減速しないようにできる。この結果、実バルブタイミングを速やかに目標バルブタイミングへ変化させることができ、可変バルブタイミング制御の応答性も確保することができる。

ところで、速度制限領域の幅が狭いと、速度制限領域に入るバルブタイミング変化速度が速いときに、バルブタイミング変化速度が十分に減速されずに、位相可変機構の可動部品がストッパ部に激突してしまう可能性がある。また、実バルブタイミングの検出誤差（ばらつき）が大きければ、実バルブタイミングが速度制限領域に入ったことを検出するタイミングが遅れて、バルブタイミング変化速度が十分に減速されずに、位相可変機構の可動部品がストッパ部に激突してしまう可能性がある。これらの事情を考慮して、速度制限領域は、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に減速するのに必要なバルブタイミング変化量及び／又は実バルブタイミングの検出誤差に基づいて設定するようにすると良い。このようにすれば、減速に必要なバルブタイミング変化量や実バルブタイミングの検出誤差を考慮して、バルブタイミング変化速度を確実に所定速度以下に減速できる幅を持った速度制限領域を設定することができる。それにより、実バルブタイミングの検出誤差やバルブタイミング変化速度の影響を受けない安定した速度制限制御を行なうことができる。この場合、可変バルブタイミング制御中に、バルブタイミング変化速度（又は実バルブタイミングの検出誤差）を演算して、その演算値に応じて速度制限領域を設定しても良いし、予め、設計段階等で、技術者がバルブタイミングの最大変化速度（又は実バルブタイミングの最大検出誤差）を測定又は演算して、その値に応じて一定の速度制限領域を設定してメモリに記憶しておくようにしても良い。

以下、第8実施形態による内燃機関の可変バルブタイミング制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、第8実施形態による可変バルブタイミング制御装置のシステム構成は、基本的に図1及び図2に示すものと同様である。

ただし、図1及び図2に示す可変バルブタイミング装置18には、バルブタイミングの可変範囲（位相可変機構21の可動範囲）を制限するために、例えば、位相可変機構21に可動部とストッパ部（共に図示せず）が設けられている。そして、図21に示すように、位相可変機構21の可動範囲を、可動部が遅角側ストッパ部に当接する位置から進角側ストッパ部に当接する位置までの範囲に制限して、バルブタイミングの可変範囲を制限するようにしている。この場合、位相可変機構21の可動部が遅角側ストッパ部に当接する位置が、位相可変機構21

の最遅角位置（遅角側の限界位置）、つまり、バルブタイミングの最遅角位置となる。一方、位相可変機構 21 の可動部が進角側ストッパ部に当接する位置が、位相可変機構 21 の最進角位置（進角側の限界位置）、つまり、バルブタイミングの最進角位置となる。

- 5      なお、第 8 実施形態による可変バルブタイミング制御装置の制御対象となる可変バルブタイミング装置 18 は、図 1 及び図 2 に示す構成のものに限られるものではない。すなわち、ギヤ機構を有する可変バルブタイミング装置であれば、駆動源や位相可変機構の種類を問わず、第 8 実施形態による可変バルブタイミング制御装置を適用できる。
- 10      ECU 30 は、図 3 に示す、第 1 実施形態と同様の可変バルブタイミング制御プログラムを実行する。従って、吸気バルブの目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  と実バルブタイミング  $V_T$  との偏差  $D$  を小さくするように要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を算出し、この要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を実現するようにモータ 26 の回転速度  $R_M$  を制御する。このようにして、吸気バルブの実バルブタイミング  $V_T$  を目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  に一致させる。
- 15      更に、ECU 30 は、後述する図 24 に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムを実行する。これにより、吸気バルブの実バルブタイミング  $V_T$  が、最遅角位置付近に設定された遅角側速度制限領域又は最進角位置付近に設定された進角側速度制限領域内にあるときに、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を
- 20      制限する制限速度  $V_s$  を設定して速度制限制御を実行する。
- 図 21 に示すように、遅角側速度制限領域は、最遅角位置から進角方向に所定幅  $\alpha$  [ $^{\circ}CA$ ] の範囲で設定され、進角側速度制限領域は、最進角位置から遅角方向に所定幅  $\alpha$  [ $^{\circ}CA$ ] の範囲で設定されている。これらの速度制限領域の幅  $\alpha$  [ $^{\circ}CA$ ] は、式 (24) に示すように、実バルブタイミング  $V_T$  の検出誤差  $C$  [ $^{\circ}CA$ ] と、バルブタイミング変化速度  $V$  を制限速度  $V_s$  まで減速するのに必要なバルブタイミング変化量  $D$  [ $^{\circ}CA$ ] とを合計した値に設定されている。

$$\alpha = C + D \quad \dots (24)$$

図 22 に示すように、エンジン回転速度  $NE$  が高くなるほど実バルブタイミング  $V_T$  の検出誤差  $C$  が大きくなるため、本実施形態では、実バルブタイミング  $V$



Tの検出誤差Cとしてその最大検出誤差 $C_{max}$ （最大エンジン回転速度 $N_{E_{max}}$ に対応する実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差 $C_{max}$ ）を用いる。

- また、図23に示すように、バルブタイミング変化速度 $V$ が速くなるほど、制限速度 $V_s$ まで減速するのに必要なバルブタイミング変化量 $D$ が大きくなるため、
- 5 本実施形態では、減速に必要なバルブタイミング変化量 $D$ としてその最大値 $D_{max}$ （バルブタイミング変化速度 $V$ を最高速度 $V_{max}$ から制限速度 $V_s$ まで減速するのに必要なバルブタイミング変化量 $D_{max}$ ）を用いる。

- 以下、ECU30が実行する図24に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムの処理内容を説明する。図24に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムは、例えば、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行
- 10 される。

- 本プログラムが起動されると、まず、ステップ501で、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側速度制限領域内であるか否か（ $| \text{最遅角位置} - V_T | \leq \text{遅角側速度制限領域の幅 } \alpha$ であるか否か）を判定する。実バルブタイミング $V_T$ が遅角側速度制限領域内であると判定されれば、ステップ502に進む。ステップ502では、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ が実バルブタイミング $V_T$ よりも遅角側である
- 15 か否か（ $V_{Ttg} - V_T < 0$ であるか否か）を判定する。

- その結果、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ が実バルブタイミング $V_T$ よりも遅角側であると判定された場合には、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側速度制限領域内でその限界位置である最遅角位置の方向へ変化するため、位相可変機構21の可動部が遅角側ストッパ部に衝突する可能性がある
- 20 と判断して、ステップ505に進む。ステップ505では、ギヤ機構（ギヤ22～24）の噛み込みや損傷を防ぐために、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限する制限速度 $V_s$ を設定して速度制限制御を実行する。

- これに対して、上記ステップ502で、目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ が実バルブタイミング $V_T$ よりも進角側（ $V_{Ttg} - V_T > 0$ ）であると判定された場合には、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側速度制限領域内で最遅角位置と反対方向（進角方向）へ変化するため、位相可変機構21の可動部が遅角側ストッパ部に衝突
- 25 する可能性がないと判断して、ステップ506に進む。ステップ506では、要

求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  に対する制限速度  $V_s$  を解除する。

- 一方、上記ステップ 501 で、実バルブタイミング  $V_T$  が遅角側速度制限領域内ではないと判定された場合には、ステップ 503 に進む。ステップ 503 では、実バルブタイミング  $V_T$  が進角側速度制限領域内であるか否か（最進角位置  $-V_T \leq$  進角側速度制限領域の幅  $\alpha$  であるか否か）を判定する。実バルブタイミング  $V_T$  が進角側速度制限領域内であると判定されれば、ステップ 504 に進み、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  が実バルブタイミング  $V_T$  よりも進角側であるか否か（ $V_{Ttg} - V_T < 0$  であるか否か）を判定する。

- その結果、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  が実バルブタイミング  $V_T$  よりも進角側であると判定された場合には、実バルブタイミング  $V_T$  が進角側速度制限領域内でその限界位置である最進角位置の方向へ変化するため、位相可変機構 21 の可動部が進角側ストッパ部に衝突する可能性があるとして、ステップ 505 に進む。ステップ 505 では、ギヤ機構（ギヤ 22～24）の噛み込みや損傷を防ぐために、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を制限する制限速度  $V_s$  を設定して速度制限制御を実行する。

- これに対して、上記ステップ 504 で、目標バルブタイミング  $V_{Ttg}$  が実バルブタイミング  $V_T$  よりも遅角側であると判定された場合には、実バルブタイミング  $V_T$  が進角側速度制限領域内で最進角位置と反対方向（遅角方向）へ変化するため、位相可変機構 21 の可動部が進角側ストッパ部に衝突する可能性がないと判断して、ステップ 506 に進む。ステップ 506 では、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  に対する制限速度  $V_s$  を解除する。

- 以上の処理により、実バルブタイミング  $V_T$  が遅角側・進角側速度制限領域内でその限界位置の方向へ変化するとき、制限速度  $V_s$  を設定して要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  を制限速度  $V_s$  以下に制限する速度制限制御を実行する。これにより、遅角側・進角側速度制限領域内でバルブタイミング変化速度  $V$  を制限速度  $V_s$  以下に減速して位相可変機構 21 の可動部の動作速度を遅くすることができる。このため、位相可変機構 21 の可動部が高速でストッパ部に衝突することを回避できる。その結果、ギヤ機構（ギヤ 22～24）の噛み込みや損傷を未然に防止することができ、可変バルブタイミング装置 18 の動作信頼性を向上

させることができる。

一方、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側・進角側速度制限領域内であっても、その限界位置と反対方向へ変化するときには、制限速度 $V_s$ を解除して速度制限制御を実行しない。これにより、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側・進角側速度制限領域内であっても、位相可変機構21の可動部とストッパ部との衝突が発生しない方向へ実バルブタイミング $V_T$ が変化するときには、バルブタイミング変化速度を減速しないようにできる。このため、実バルブタイミング $V_T$ を速やかに目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ へ変化させることができ、可変バルブタイミング制御の応答性も確保することができる。

- 10      ところで、遅角側・進角側速度制限領域の幅 $\alpha$ が狭いと、遅角側・進角側速度制限領域に入るバルブタイミング変化速度が速いときに、バルブタイミング変化速度が十分に減速されずに、位相可変機構21の可動部がストッパ部に激突してしまう可能性がある。また、実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差（ばらつき）が大きければ、実バルブタイミング $V_T$ が遅角側・進角側速度制限領域に入ったことを検出するタイミングが遅れて、バルブタイミング変化速度が十分に減速されずに、位相可変機構21の可動部がストッパ部に激突してしまう可能性がある。

- 20      このため、本実施形態では、遅角側・進角側速度制限領域の幅 $\alpha$ を、実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差 $C$ と、十分な減速に必要なバルブタイミング変化量 $D$ とを合計した値に設定するようにした。従って、バルブタイミング変化速度を確実に所定の制限速度 $V_s$ 以下に減速できる幅を持った遅角側・進角側速度制限領域を設定することができる。それゆえ、実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差やバルブタイミング変化速度の影響を受けない安定した速度制限制御を行なうことができる。

- 25      尚、本実施形態では、バルブタイミング可変範囲（位相可変機構21の可動範囲）の最遅角側と最進角側の両方に同一幅の速度制限領域を設定した。しかしながら、バルブタイミングの実用範囲等によっては、遅角側速度制限領域の幅と進角側速度制限領域の幅とを異ならせるようにしたり、遅角側と進角側のいずれか一方のみに速度制限領域を設定するようにしても良い。

《第9実施形態》

次に、本発明の第9実施形態を図25及び図26を用いて説明する。

ECU30は、第6実施形態において説明したように、所定の学習条件が成立する毎（例えばカム角信号の入力毎、エンジン始動毎等）に、バルブタイミングの基準位置（例えば最遅角位置）を学習することによって、実バルブタイミングVTの検出精度を維持するようにしている。従って、基準位置学習が完了していないときには、実バルブタイミングVTの検出精度が低下している（検出誤差が増大している）ため、この状態で、バルブタイミングをその可変範囲の限界位置又はその付近に制御すると、位相可変機構21の可動部を高速でストッパ部に衝突させてしまう可能性がある。

10     そこで、本実施形態では、ECU30は、図25に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムを所定周期で実行することで、基準位置学習が完了していないときに、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限する制限速度 $V_s$ を設定して速度制限制御を実行するようにしている。

15     更に、ECU30は、図26に示す目標バルブタイミング算出プログラムを所定周期で実行することで、基準位置学習が完了していない状態で可変バルブタイミング制御を実行するときに、速度制限制御により制限速度 $V_s$ 以下に制限された要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に応じた目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を算出するようにしている。以下、これら各プログラムの処理内容を説明する。

20     図25に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムが起動されると、まず、ステップ601で、基準位置学習が未完了であるか否かを判定する。基準位置学習が未完了であると判定された場合には、実バルブタイミングVTの検出精度が低下している（検出誤差が増大している）ため、位相可変機構21の可動部を高速でストッパ部に衝突させてしまう可能性がある。このため、ステップ602に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限する制限速度 $V_s$ を設定して速度制限制御を実行する。

25     その後、本プログラムが起動されて、ステップ601で、基準位置学習が完了したと判定された段階で、ステップ603に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に対する制限速度 $V_s$ を解除する。

また、図26に示す目標バルブタイミング算出プログラムが起動されると、ま

ず、ステップ701で、基準位置学習の未完了による速度制限制御を実行中であるか否かを判定する。速度制限制御を実行中であると判定された場合には、ステップ702に進み、制限速度 $V_s$ 以下に制限された要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に応じた目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を算出する。この速度制限制御実行中の目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ は、減速されたバルブタイミング変化速度でも失火等の不具合が発生しない目標バルブタイミングに設定される。

一方、速度制限制御の実行中ではないと判定された場合には、ステップ703に進み、エンジン運転状態等に基づいて通常の目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を算出する。

10 以上説明した第9実施形態では、基準位置学習が完了していないときに、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限速度 $V_s$ 以下に制限する速度制限制御を実行するようにした。このため、基準位置学習の完了前で実バルブタイミング $V_T$ の検出精度が低下しているときに、バルブタイミングをその可変範囲の限界位置又はその付近に制御する場合でも、位相可変機構21の可動部が高速でストップ部に衝突することを回避することができ、ギヤ機構の噛み込みや損傷を未然に防止することができる。

更に、第9実施形態では、基準位置学習が完了していない状態で可変バルブタイミング制御を実行するときに、速度制限制御により制限速度 $V_s$ 以下に制限されたバルブタイミング変化速度に応じた目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を設定する。このため、速度制限制御により減速されたバルブタイミング変化速度で可変バルブタイミング制御を行なう場合でも、エンジン11の燃焼性等をある程度確保して運転を継続できるように目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を設定することができる。

#### 《第10実施形態》

25 前述の第9実施形態では、基準位置学習が完了していないときに、全バルブタイミング領域で速度制限制御を実行するようにしたが、第10実施形態では、基準位置学習が完了していないときに実バルブタイミング $V_T$ と限界位置（最遅角位置や最進角位置）との差が所定値以内の領域（学習前速度制限領域）でのみ、速度制限制御を実行するようにしている。

本実施形態におけるバルブタイミング変化速度制限制御プログラムを図 27 に示す。図 27 のバルブタイミング変化速度制限制御プログラムは、図 25 のステップ 601 とステップ 602 の処理の間に、ステップ 601a の処理を追加したものであり、これ以外のステップの処理は図 25 と同じである。

- 5 図 27 に示すプログラムでは、ステップ 601 で、基準位置学習が未完了であると判定されたときに、ステップ 601a に進み、実バルブタイミング VT が所定の学習前速度制限領域内であるか否かを判定する。この学習前速度制限領域は、基準位置の未学習による実バルブタイミング VT の検出精度の低下（検出誤差の増大）等を考慮に入れて、位相可変機構 21 の可動部とストッパ部との衝突が発生する可能性がある領域であって、前述の第 7 実施形態で説明した速度制限領域（図 21 参照）よりも広い領域に設定される。

- 15 基準位置学習が完了していないときに実バルブタイミング VT が学習前速度制限領域内であると判定された場合には、位相可変機構 21 の可動部とストッパ部との衝突が発生する可能性があると判断できる。このため、ステップ 602 に進み、要求バルブタイミング変化速度 Vreq を制限する制限速度 Vs を設定して速度制限制御を実行する。尚、実バルブタイミング VT が学習前速度制限領域内であっても、その限界位置と反対方向へ変化するときには、制限速度 Vs を解除して速度制限制御を実行しないようにしても良い。

- 20 これに対して、基準位置学習が完了していないときでも、実バルブタイミング VT が学習前速度制限領域内ではないと判定された場合には、位相可変機構 21 の可動部とストッパ部との衝突が発生する可能性が低いと判断できる。このためステップ 603 に進み、要求バルブタイミング変化速度 Vreq に対する制限速度 Vs を解除する。

- 25 以上説明した第 10 実施形態では、基準位置学習が完了していないときに実バルブタイミング VT が学習前速度制限領域内にあると、速度制限制御を実行するようにした。このため、基準位置学習の際に、位相可変機構 21 の可動部とストッパ部との衝突が発生しない領域では、バルブタイミング変化速度を制限せずに、実バルブタイミング VT を速やかに変化させることができ、基準位置学習の所要時間を短くすることができる。

尚、第10実施形態においても、図26の目標バルブタイミング算出プログラムを実行して、基準位置学習が完了していない状態で可変バルブタイミング制御を実行するときに、速度制限制御により制限速度 $V_s$ 以下に制限されたバルブタイミング変化速度に応じた目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を設定するようにしても良い。

#### 《第11実施形態》

本発明の第11実施形態では、図28に示す基準位置学習優先制御プログラムを実行することで、基準位置学習が完了するまで、通常の変バルブタイミング制御を禁止して基準位置学習のみを実行可能にしている。

- 10 図28に示す基準位置学習優先制御プログラムは、例えば、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ801で、基準位置学習が未完了であるか否かを判定する。基準位置学習が未完了であると判定された場合には、ステップ802に進み、通常の変バルブタイミング制御を禁止する。その後、ステップ803に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に対する制限速度 $V_s$ を設定する。

15 この後、ステップ804に進み、基準位置学習を実行する。この基準位置学習では、バルブタイミングを基準位置に制御した状態（例えば、最遅角位置を基準位置とする場合には、位相可変機構21の可動部を遅角側ストッパ部に突き当てた状態）で実バルブタイミング $V_T$ を算出し、それを基準位置として学習する。

- 20 その後、ステップ801で、基準位置学習が完了したと判定されたときに、ステップ805に進み、通常の変バルブタイミング制御を許可する。その後、ステップ806に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に対する制限速度 $V_s$ を解除する。

- 25 以上説明した第11実施形態では、基準位置学習が完了するまで、通常の変バルブタイミング制御を禁止して基準位置学習のみを実行可能とするようにした。このため、基準位置学習が完了して実バルブタイミング $V_T$ の検出精度を確保できるようにしてから通常の変バルブタイミング制御に移行することができる。

#### 《第12実施形態》

基準位置学習が完了していても、万一、基準位置学習に異常が発生して基準位

置を誤学習していると、実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差が大きくなる。このため、バルブタイミングをその可変範囲の限界位置又はその付近に制御するとき、位相可変機構21の可動部を高速でストッパ部に衝突させてしまう可能性がある。

5       そこで、本発明の第12実施形態では、図29に示す基準位置学習異常判定プログラム及び図30に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムを実行する。これらのプログラムにより、基準位置学習の異常の有無を判定し、基準位置学習の異常有りと判定されたときに、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に対する制限速度 $V_s$ を設定して速度制限制御を実行することができる。

10       図29に示す基準位置学習異常判定プログラムは、例えば、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行され、特許請求の範囲でいう学習異常判定手段としての役割を果たす。本プログラムが起動されると、まず、ステップ901で、現在の基準位置学習値 $V_{T0}$ が上限側学習ガード値 $V_{TGmax}$ 以下であるか否かを判定する。ステップ902では、現在の基準位置学習値 $V_{T0}$ が下限側学習ガード値 $V_{TGmin}$ 以上であるか否かを判定する。ここで、上限側学習ガード値 $V_{TGmax}$ と下限側学習ガード値 $V_{TGmin}$ は、システムの個体差や経時変化等による基準位置の正常なばらつき範囲を考慮して設定された値である。

15       そして、基準位置学習値 $V_{T0}$ が下限側学習ガード値 $V_{TGmin}$ から上限側学習ガード値 $V_{TGmax}$ までの正常範囲内（ $V_{TGmin} \leq V_{T0} \leq V_{TGmax}$ ）であれば、ステップ903に進み、基準位置学習の異常無し（正常）であると判定する。

20       これに対して、基準位置学習値 $V_{T0}$ が上限側学習ガード値 $V_{TGmax}$ よりも大きい、或は、下限側学習ガード値 $V_{TGmin}$ よりも小さい場合、つまり、基準位置学習値 $V_{T0}$ が上下限の学習ガード値 $V_{TGmax}$ 、 $V_{TGmin}$ の範囲に収まっていない場合には、ステップ904に進む。ステップ904では、基準位置学習の異常有り（基準位置の誤学習）と判定する。

25       また、図30に示すバルブタイミング変化速度制限制御プログラムが起動されると、まず、ステップ1001で、前述した図29の基準位置学習異常判定プログラムによる異常判定結果に基づいて基準位置学習が異常であるか否か（基準位



置を誤学習しているか否か)を判定する。

その結果、基準位置学習が異常である(基準位置を誤学習している)と判定された場合には、実バルブタイミング $V_T$ の検出精度が低下している(検出誤差が増大している)ため、位相可変機構21の可動部を高速でストッパ部に衝突させてしまう可能性があると判断できる。このため、ステップ1002に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限する制限速度 $V_s$ を設定して速度制限制御を実行する。

一方、ステップ1001で、基準位置学習が正常であると判定された場合には、ステップ1003に進み、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ に対する制限速度 $V_s$ を解除する。

以上説明した第12実施形態では、基準位置学習が異常である(基準位置を誤学習している)と判定されたときに、要求バルブタイミング変化速度 $V_{req}$ を制限速度 $V_s$ 以下に制限する速度制限制御を実行するようにした。このため、基準位置が誤学習されて実バルブタイミング $V_T$ の検出誤差が大きくなっても、位相可変機構21の可動部が高速でストッパ部に衝突することを回避することができ、ギヤ機構の噛み込みや損傷を未然に防止することができる。

尚、第12実施形態においても、図26の目標バルブタイミング算出プログラムを実行して、基準位置学習の異常有りと判定された状態で可変バルブタイミング制御を行なうときに、速度制限制御により制限速度 $V_s$ 以下に制限されたバルブタイミング変化速度に応じた目標バルブタイミング $V_{Ttg}$ を設定するようにしても良い。

### 《第13実施形態》

本発明の第13実施形態では、図31に示す基準位置学習優先制御プログラムを実行することで、基準位置学習が正常と判定されるまで、通常の可変バルブタイミング制御を禁止して基準位置学習のみを実行可能とするようにしている。

図31に示す基準位置学習優先制御プログラムは、図28のステップ801の処理を、ステップ801aの処理に変更したものであり、これ以外のステップの処理は図28と同じである。

本プログラムでは、まずステップ801aで、前述した図29の基準位置学習

異常判定プログラムによる異常判定結果に基づいて基準位置学習が異常であるか否か（基準位置を誤学習しているか否か）を判定する。

その結果、基準位置学習が異常であると判定された場合には、通常の変バルブタイミング制御を禁止すると共に、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  に対する制限速度  $V_s$  を設定した後、基準位置学習を実行する（ステップ 802～804）。その後、ステップ 801a で、基準位置学習が正常であると判定されたときに、通常の変バルブタイミング制御を許可すると共に、要求バルブタイミング変化速度  $V_{req}$  に対する制限速度  $V_s$  を解除する（ステップ 805、806）。

以上説明した第 13 実施形態では、基準位置学習が正常であると判定されるまで、通常の変バルブタイミング制御を禁止して基準位置学習のみを実行するようにした。このため、基準位置学習が正常に完了して実バルブタイミング  $V_T$  の検出精度を確保できるようになってから通常の変バルブタイミング制御に移行することができる。

#### 《第 14 実施形態》

モータ駆動式の変バルブタイミング装置 18（図 2 参照）は、エンジン 11 の始動前（エンジン停止中）でも制御可能である。そこで、第 14 実施形態では、図 32 に示す始動前基準位置学習制御プログラムを実行することで、エンジン 11 の始動前（クランキング前）に基準位置学習を実行するようにしている。

図 32 に示す始動前基準位置学習制御プログラムは、ECU 30 への電源投入直後（イグニッションスイッチを OFF 位置から ACC 位置又は ON 位置へ操作した直後）から所定周期で実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ 1101 で、イグニッションスイッチが ON 位置に操作されているか否かを判定する。イグニッションスイッチが ON 位置に操作されていれば、ステップ 1102 に進み、基準位置学習が完了しているか否かを判定する。まだ、基準位置学習が完了していなければ、ステップ 1103 に進み、基準位置学習を実行する。

以上の処理によりエンジン 11 の始動前に基準位置学習が実行されるため、エンジン 11 の始動当初から実バルブタイミング  $V_T$  を精度良く検出することができる。従って、実バルブタイミング  $V_T$  を始動に適した目標バルブタイミング  $V$

Ttgに精度良く制御することができ、エンジン11の始動性を向上させることができる。

#### 《第15実施形態》

第15実施形態では、図33に示す始動前基準位置学習制御プログラムを実行することで、エンジン11の始動前に基準位置学習を実行し、基準位置学習が完了するまでエンジン11の始動制御（スタータの作動）を禁止するようにしている。

図33に示す始動前基準位置学習制御プログラムが起動されると、まず、ステップ1201で、イグニッションスイッチがON位置に操作されているか否かを判定する。イグニッションスイッチがON位置に操作されていれば、ステップ1202に進み、基準位置学習が完了しているか否かを判定する。まだ、基準位置学習が完了していなければ、ステップ1203に進み、エンジン11のスタータの作動（クランキング）を禁止する。その後、ステップ1204に進み、基準位置学習を実行する。上記ステップ1203の処理が特許請求の範囲でいう始動禁止手段としての役割を果たす。

その後、ステップ1202で、基準位置学習が完了したと判定されたときに、ステップ1205に進み、エンジン11のスタータの作動を許可する。この後は、イグニッションスイッチをSTART位置に操作すれば、スタータが作動してエンジン11が始動される。

以上説明した第15実施形態では、基準位置学習が完了するまでスタータの作動を禁止するようにしたので、基準位置学習の完了前にスタータの作動を開始してしまうことを防止できる。換言すると、基準位置学習が確実に完了してからスタータの作動を開始してエンジン11を始動することができる。

#### 《第16実施形態》

第16実施形態では、図34に示す始動前基準位置学習制御プログラムを実行することで、基準位置学習が完了するまでエンジン11の始動制御（スタータの作動）を禁止する処理をイグニッションスイッチのオンから所定時間内に限って実行するようにしている。

図34に示す始動前基準位置学習制御プログラムは、図33のステップ120

1の処理の後に、ステップ1201aの処理を追加したものであり、これ以外のステップの処理は図33と同じである。

本プログラムでは、ステップ1201で、イグニッションスイッチのオン（ON位置への操作）と判定された後に、ステップ1201aに進み、イグニッションスイッチのオンから所定時間が経過したか否かを判定する。イグニッションスイッチのオンから所定時間が経過する前であれば、ステップ1202及びステップ1203の処理によって、基準位置学習が完了するまでエンジン11のスタータの作動を禁止する。そして、基準位置学習が完了した後に、エンジン11のスタータの作動を許可する（ステップ1205）。

10 これに対して、基準位置学習が完了する前に、イグニッションスイッチのオンから所定時間が経過した場合には、ステップ1201aからステップ1205に進み、基準位置学習の完了前でも、エンジン11のスタータの作動を許可する。

以上説明した第16実施形態では、基準位置学習が完了するまでエンジン11のスタータの作動を禁止する処理をイグニッションスイッチのオンから所定時間内に限って実行するようにした。このため、何らかの原因でイグニッションスイッチのオンから所定時間内に基準位置学習を完了できない場合でも、その後に、エンジン11の始動制御（スタータ作動）を開始することができ、エンジン11が始動不能に陥る不具合を防止できる。

20 以上説明した第8実施形態～第16実施形態では、本発明を吸気バルブの可変バルブタイミング制御装置に適用したが、これに限定されず、本発明を排気バルブの可変バルブタイミング制御装置に適用しても良い。更に、可変バルブタイミング装置18の構成は、適宜変更しても良く、要は、ギヤ機構を用いてバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置であれば良い。また、可変バルブタイミング装置の駆動源もモータに限定されず、油圧を駆動源とするものでも、

25 ギヤ機構を用いていれば、本発明を適用して実施できる。

その他、本発明は、上述した第8実施形態～第16実施形態を適宜組み合わせて実施しても良い等、種々変更して実施できる。

#### 《第17実施形態》

次に、本発明の第17実施形態について説明する。

モータ駆動式の可変バルブタイミング装置は、エンジン運転状態に関係なくバルブタイミングを可変することができるという特徴がある。従って、エンジンの始動時や停止時にも可変バルブタイミング制御を行なうことも可能である。しかし、エンジンの始動時や停止時には、エンジンの逆回転が発生することがある。

- 5 エンジンの始動時や停止時において、可変バルブタイミング制御を実行しているとき、エンジンが逆回転すると、次のような問題が発生する。

- 10 クランク角センサやカム角センサの出力信号に基づいた実バルブタイミングの算出は、エンジンが正回転、つまりクランク軸とカム軸が正回転していることを前提として行っている。このため、エンジンが逆回転すると、実バルブタイミングを誤算出してしまう。従って、エンジン始動時や停止時の可変バルブタイミング制御中にエンジンが逆回転すると、誤算出した実バルブタイミングに基づいて可変バルブタイミング装置を制御してしまうことになる。

- 15 そのため、第17実施形態では、内燃機関の逆回転によって発生する可変バルブタイミング制御に関する不具合を未然に防止することができ、内燃機関の始動時や停止時の制御性を向上させることができる内燃機関の可変バルブタイミング制御装置を提供することを目的としている。

- 20 まず、第17実施形態による内燃機関の可変バルブタイミング制御装置の概略について説明する。第17実施形態による可変バルブタイミング制御装置は、内燃機関とは別に設けられた駆動源により吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置をバルブタイミング制御手段により制御するシステムにおいて、内燃機関の回転状態を回転状態判定手段により判定し、内燃機関が正回転中又は停止中であると判定されたときに、実バルブタイミングの算出及び／又は可変バルブタイミング制御を行なうようにしたものである。

- 25 このようにすれば、内燃機関の回転状態を監視して、内燃機関が正回転しているときや停止しているときにだけ、実バルブタイミングの算出や可変バルブタイミング制御を行なうようにすることができる。一方、内燃機関の逆回転が発生したときには、カム角センサやクランク角センサからの出力信号に基づく実バルブタイミングの算出や、通常の可変バルブタイミング制御を停止することができる。これにより、内燃機関の始動時や停止時に内燃機関の逆回転が発生しても、逆回

転によるバルブタイミング制御精度の悪化を未然に防止することができ、内燃機関の始動時や停止時の可変バルブタイミング制御の制御性を向上させることができる。

- 5 この場合、クランク角センサ及び／又はカム角センサの出力信号に基づいて内燃機関の回転状態を判定するようにすると良い。クランク角センサは所定クランク角毎にクランク角信号を出力し、カム角センサは所定カム角毎にカム角信号を出力する。このため、クランク角センサやカム角センサの出力信号を監視すれば、内燃機関の回転中と停止中とを判別することができる。

- 10 更に、スタータがオンされているとき又はスタータがオフされた時点の機関回転速度が所定値以上と判定された内燃機関の回転中に、内燃機関が正回転していると判定するようにすると良い。スタータのオン中はスタータの駆動力で内燃機関が強制的に正回転駆動されているため、内燃機関が正回転していると判定することができる。また、機関回転速度が十分に上昇していないときにスタータがオフされると、内燃機関が逆回転する可能性があるが、機関回転速度が十分に上昇してからスタータがオフされた場合は、内燃機関の始動が正常に完了してスタータオフ後も内燃機関が引き続き正回転する。従って、スタータがオフされた時点の機関回転速度が所定値以上と判定された内燃機関の回転中であれば、内燃機関が正回転していると判定することができる。

- 20 ところで、内燃機関の停止中は、クランク角センサやカム角センサから信号が出力されなくなるため、クランク角センサやカム角センサの出力信号に基づく実バルブタイミングの算出を行なうことができない。

- そこで、内燃機関の停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際には、機関停止後の可変バルブタイミング装置の作動量を制御して実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるようにすると良い。機関停止後の可変バルブタイミング装置の作動量は、機関停止後のバルブタイミング変化量を表すパラメータとなる。このため、機関停止後の可変バルブタイミング装置の作動量を制御すれば、機関停止直前に算出した実バルブタイミングからのバルブタイミング変化量を制御することができる。それにより、内燃機関の停止中に実バルブタイミングを直接算出しなくても、間接的に機関停止中の実バルブタイミング（機関停

止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量)を目標バルブタイミングに一致させることができ、可変バルブタイミング制御を精度良く実行することができる。

5 内燃機関の停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際に、可変バルブタイミング装置がモータ駆動式の場合は、可変バルブタイミング装置の作動量としてモータの回転量(回転数、回転角度、位相変化量)を制御することが好ましい。これにより、内燃機関の停止中に、可変バルブタイミング制御を高精度に実行することができる。

10 また、内燃機関が逆回転したと判定されたときには、実バルブタイミングを基準位置に制御するようにすると良い。このようにすれば、速やかに次の可変バルブタイミング制御の準備状態にすることができる。

15 基準位置が可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置(最進角位置又は最遅角位置)に設定されている場合は、内燃機関の逆回転中又は逆回転後の停止中に実バルブタイミングを基準位置に制御するようにしても良い。基準位置が可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置に設定されている場合は、実バルブタイミングが分からなくても、可変バルブタイミング装置の位相可変機構の可動部が進角側又は遅角側のストッパ部に付き当たった位置が基準位置(最進角位置又は最遅角位置)となる。そのため、内燃機関の逆回転中・停止中のいずれの時期でも実バルブタイミングを基準位置に制御することができる。

20 この場合、可変バルブタイミング装置に対する制御出力に基づいて実バルブタイミングが可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置に設定された基準位置に到達したか否かを判定するようにすると良い。つまり、可変バルブタイミング装置に対する制御出力が、実バルブタイミングを基準位置に到達させる(位相可変機構の可動部をトップ部に付き当てる)のに必要な所定値を越えているか否  
25 かによって、実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定することができる。

一方、基準位置が可変バルブタイミング装置の可動範囲の中間的な位置に設定されている場合は、内燃機関の逆回転後の停止中に実バルブタイミングを基準位置に制御するようにすると良い。基準位置が可変バルブタイミング装置の可動範

囲の中間位置に設定されている場合は、実バルブタイミングが分からないと、実バルブタイミングを基準位置に制御することができない。従って、内燃機関の逆回転後の停止中になるのを待って、実バルブタイミングを例えば限界位置からのバルブタイミング変化量等によって把握できる状態になってから、実バルブタイ

5 ミングを基準位置に制御すれば良い。

以下、第17実施形態による内燃機関の可変バルブタイミング制御装置の具体例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、第17実施形態による可変バルブタイミング制御装置のシステム構成は、基本的に図1及び図2に示すものと同様であるため、説明を省略する。

10 第17実施形態におけるECU30は、後述する図35乃至図40に示すバルブタイミング制御用の各プログラムを実行することで、回転状態判定手段及びバルブタイミング制御手段として機能し、エンジン11の回転状態を監視しながら可変バルブタイミング装置18を制御する。

第17実施形態では、図41に示すように、イグニッションスイッチ（以下「I

15 Gスイッチ」と表記する）がオンされた時点で、可変バルブタイミング装置駆動リレー（以下「VCT駆動リレー」と表記する）がオンされて、バッテリー（図示せず）からの電源電圧がECU30や可変バルブタイミング装置18等へ供給される。そして、IGスイッチがオフされた後も所定時間が経過するまではVCT駆動リレーがオン状態に維持されて、電源電圧がECU30、可変バルブタイ

20 ミング装置18等へ供給され続ける。そして、IGスイッチのオフから所定時間が経過した時点で、VCT駆動リレーがオフされて、ECU30や可変バルブタイミング装置18等への電源電圧の供給が停止される。これにより、ECU30は、エンジン停止中も、VCT駆動リレーがオフされるまで、可変バルブタイミング装置18を制御できるようになっている。

25 ECU30は、クランク角センサ20とカム角センサ19の出力信号、スタータ（図示せず）のオン／オフ信号等に基づいてエンジン11の回転状態（正回転、逆回転、停止）を判定する。エンジン11が正回転中又は停止中であると判定されたとき、実バルブタイミングの算出や可変バルブタイミング制御を行なう。エンジン11の逆回転が発生したときには実バルブタイミングの算出や可変バルブ



タイミング制御を停止する。

エンジン 11 の正回転中は、エンジン運転状態等に基づいて目標バルブタイミングを算出する共に、クランク角センサ 20 とカム角センサ 19 の出力信号に基づいて実バルブタイミングを算出する。そして、実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるように可変バルブタイミング装置 18 のモータ 26 をフィードバック制御する。

一方、エンジン 11 の停止中は、クランク角センサ 20 やカム角センサ 19 から信号が出力されなくなるため、クランク角センサ 20 やカム角センサ 19 の出力信号に基づく実バルブタイミングの算出を行なうことができない。そこで、エンジン 11 の停止中は、エンジン停止後の可変バルブタイミング装置 18 のモータ 26 の回転量（回転数、回転角度、位相変化量）を制御して実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させる。つまり、エンジン停止後のモータ 26 の回転量は、エンジン停止後のバルブタイミング変化量を表すパラメータとなるため、エンジン停止後のモータ 26 の回転量を制御すれば、エンジン停止直前に算出した実バルブタイミングからのバルブタイミング変化量を制御することができ、これにより、エンジン停止中に実バルブタイミングを直接算出しなくても、間接的にエンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量）を目標バルブタイミングに一致させることができる。

また、もし、エンジン 11 が逆回転したと判定されたときには、通常の変バルブタイミング制御とは異なり、実バルブタイミングを基準位置に制御して、速やかに次の可変バルブタイミング制御の準備状態にする。この基準位置は、例えば、可変バルブタイミング装置 18 の可変範囲の限界位置（最進角位置又は最遅角位置）に設定される。

以下、ECU 30 が実行する図 35 乃至図 40 に示すバルブタイミング制御用の各プログラムの処理内容を説明する。

#### [バルブタイミングメイン制御]

図 35 のバルブタイミングメイン制御プログラムは、IG スイッチのオンから VCT 駆動リレーのオフまでの間に所定周期で実行される。本プログラムが起動

されると、まず、ステップ1301で、クランク角センサ20の出力信号に基づいてエンジン回転・停止判定を行なう。尚、カム角センサ19の出力信号に基づいてエンジン回転・停止判定を行なうようにしても良い。

この後、ステップ1302に進み、上記ステップ1301の判定結果に基づいてエンジン回転中であるか否かを判定する。エンジン回転中でない（エンジン停止中である）と判定されれば、ステップ1305に進み、後述する図38のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムを実行して、本プログラムを終了する。

一方、上記ステップ1302で、エンジン回転中であると判定された場合には、ステップ1303に進み、後述する図33のエンジン正回転・逆回転判定プログラムを実行して、スタータ（図示せず）のオン／オフ信号等に基づいてエンジン正回転・逆回転判定を行なう。この後、ステップ1304に進み、上記ステップ1303の判定結果に基づいてエンジン正回転中であるか否かを判定する。エンジン正回転中であると判定されれば、ステップ1306に進み、後述する図37のエンジン正回転中のバルブタイミング制御プログラムを実行して、本プログラムを終了する。一方、上記ステップ1304で、エンジン正回転中でない（エンジン逆回転中である）と判定された場合には、ステップ1307に進み、後述する図39のエンジン逆回転中のバルブタイミング制御プログラムを実行して、本プログラムを終了する。

#### 20 [エンジン正回転・逆回転判定]

図35のバルブタイミングメイン制御プログラムのステップ1303で、図36のエンジン正回転・逆回転判定プログラムが起動されると、まず、ステップ1401で、スタータがオンされているか否かを判定する。その結果、スタータがオンされていると判定された場合には、スタータの駆動力でエンジン11が強制的に正回転駆動されていると判断して、ステップ1402に進む。ステップ1402では、エンジン正回転中と判定して、本プログラムを終了する。

一方、上記ステップ1401で、スタータがオンされていない（スタータがオフされている）と判定された場合には、ステップ1403に進む。ステップ1403では、スタータがオフされた時点のエンジン回転速度が正回転を維持できる

所定回転速度以上であるか否かを判定する。スタータオフ時のエンジン回転速度が所定回転速度以上であると判定された場合には、エンジン回転速度が十分に上昇してからスタータがオフされたため、エンジン11の始動が正常に完了してスタータオフ後もエンジン11が引き続き正回転していると判断できる。従って、

5 ステップ1402に進み、エンジン正回転中と判定して、本プログラムを終了する。

これに対して、上記ステップ1403で、スタータオフ時のエンジン回転速度が所定回転速度よりも低いと判定された場合には、エンジン回転速度が十分に上昇していないときにスタータがオフされたため、スタータオフ後にエンジン11

10 が逆回転している可能性がある。このため、ステップ1404に進み、エンジン逆回転中と判定して、本プログラムを終了する。

[エンジン正回転中のバルブタイミング制御]

図35のバルブタイミングメイン制御プログラムのステップ1306で、図37のエンジン正回転中のバルブタイミング制御プログラムが起動されると、まず、

15 ステップ1501で、エンジン運転状態等に基づいて目標バルブタイミングを算出する。その後、ステップ1502に進み、例えば、クランク角センサ20から出力されるクランク角信号とカム角センサ19から出力されるカム角信号とに基づいて実バルブタイミングを算出する。

この後、ステップ1503に進み、実バルブタイミングを目標バルブタイミング

20 グに一致させるように可変バルブタイミング装置18のモータ26をフィードバック制御する。

なお、このエンジン正回転中のバルブタイミング制御は、上述した第1実施形態等と同様の制御を行なっても良い。

[エンジン停止中のバルブタイミング制御]

図35のバルブタイミングメイン制御プログラムのステップ1305で、図38のエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムが起動されると、まず、

25 ステップ1601で、目標バルブタイミング（例えば次のエンジン始動に適したバルブタイミング）を算出する。その後、ステップ1602に進み、エンジン停止直前に算出した実バルブタイミングと目標バルブタイミングとの差（目標バル

ブタイミング変化量)に応じてモータ26の目標回転数(目標回転量)を算出する。

この後、ステップ1603に進み、エンジン停止後のモータ26の回転数(回転量)を積算してモータ26の実回転数(実回転量)を求める。尚、モータ26  
5 の回転数は、例えば、モータ正回転方向の場合にプラス値とし、モータ逆回転方向の場合にマイナス値とする。

この後、ステップ1604に進み、エンジン停止後のモータ26の実回転数が目標回転数に一致したか否かを判定する。その結果、エンジン停止後のモータ26の実回転数が目標回転数に一致していない判定された場合には、ステップ16  
10 05に進み、エンジン停止後のモータ26の実回転数が目標回転数よりも少ないか否かを判定する。モータ26の実回転数が目標回転数よりも少なければ、ステップ1606に進み、モータ26を正回転制御した後、ステップ1603に戻る。一方、モータ26の実回転数が目標回転数以上であれば、ステップ1607に進み、モータ26を逆回転制御した後、ステップ1603に戻る。

その後、ステップ1604で、エンジン停止後のモータ26の実回転数が目標  
15 回転数に一致したと判定されたときに、ステップ1608に進み、エンジン停止中の実バルブタイミング(エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量)が目標バルブタイミングに到達したと判定する。その後、ステップ1609に進み、モータ26を停止し、その時点の実バルブタイミングを保持  
20 して、本プログラムを終了する。

#### [エンジン逆回転中のバルブタイミング制御]

図35のバルブタイミングメイン制御プログラムのステップ1307で、図3  
9のエンジン逆回転中のバルブタイミング制御プログラムが起動されると、まず、  
ステップ1701で、目標バルブタイミングとして基準位置を読み込む。前述し  
25 たように、この基準位置は、例えば、可変バルブタイミング装置18の可変範囲の限界位置である最進角位置又は最遅角位置に設定される。

この後、ステップ1702に進み、目標バルブタイミング(基準位置)が最進角位置又は最遅角位置であるか否かを判定し、目標バルブタイミング(基準位置)が最進角位置又は最遅角位置であると判定されれば、ステップ1703以降の処

理を実行して、エンジン逆回転中に実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に制御する。基準位置が最進角位置又は最遅角位置に設定されている場合は、実バルブタイミングが分からなくても、可変バルブタイミング装置 18 の位相可変機構 21 の可動部が進角側又は遅角側のストッパ部に付き当たった位置が基準位置（最進角位置又は最遅角位置）となる。従って、エンジン逆回転中でも実バルブタイミングを基準位置に次のようにして制御することができる。

まず、ステップ 1703 で、後述する図 40 の基準位置到達判定プログラムを実行して、モータ 26 の制御出力に基づいて実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否かの判定を行なう。

10 この後、ステップ 1704 に進み、上記ステップ 1703 の判定結果に基づいて実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達しているか否かを判定する。その結果、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達していないと判定された場合には、ステップ 1705 に進み、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）の方向へ移動するようにモータ 26 の制御値を出力する。

15 その後、上記ステップ 1704 で、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したと判定されたときに、ステップ 1706 に進み、実バルブタイミングの記憶値を基準位置（最進角位置又は最遅角位置）で更新する。その後、ステップ 1707 に進み、現在のバルブタイミングを保持するようにモータ 26 を制御して、本プログラムを終了する。

尚、エンジン逆回転後の停止中にステップ 1703 ～ 1707 の処理を実行して、エンジン逆回転後の停止中に実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に制御するようにしても良い。

25 一方、基準位置が、可変バルブタイミング装置 18 の可変範囲の中間位置に設定されている場合には、上記ステップ 1702 で「No」と判定されて、ステップ 1703 ～ 1707 の処理を実行することなく、本プログラムを終了する。この場合、エンジン逆回転後の停止中に実バルブタイミングを基準位置（中間位置）に制御するようになると良い。基準位置が可変バルブタイミング装置 18 の可動範囲の中間位置に設定されている場合は、実バルブタイミングが分からないと、

実バルブタイミングを基準位置（中間位置）に制御することができない。従って、エンジン逆回転後の停止中になるのを待って、実バルブタイミングを例えば限界位置からのバルブタイミング変化量等によって把握できる状態になってから、実バルブタイミングを基準位置に制御する。

5      〔基準位置到達判定〕

図39のエンジン逆回転中のバルブタイミング制御プログラムのステップ1703で、図40の基準位置到達判定プログラムが起動されると、まず、ステップ1801で、実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達させる（位相可変機構21の可動部をストッパ部に付き当てる）のに必要なモータ26の目標制御出力積算値を算出する。その後、ステップ1802に進み、  
10    実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）の方向へ移動するようにモータ26を制御し始めてからのモータ制御値を積算してモータ26の実制御出力積算値を求める。

この後、ステップ1803に進み、モータ26の実制御出力積算値が目標制御  
15    出力積算値を越えたか否かを判定する。モータ26の実制御出力積算値が目標制御出力積算値を越えたと判定されたときに、ステップ1804に進み、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したと判断して、本プログラムを終了する。

以上説明した第17実施形態の実行例を図41のタイムチャートを用いて説明  
20    する。エンジン11を始動する際には、IGスイッチがオン（VCT駆動リレーがオン）されてからスタータがオンされるまでのエンジン停止中は、エンジン停止中のバルブタイミング制御を実行する。すなわち、エンジン停止後のモータ26の実回転数を目標回転数に制御してエンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させる。

その後、スタータがオンされているエンジン正回転中は、エンジン正回転中の  
25    バルブタイミング制御を実行する。すなわち、クランク角センサ20とカム角センサ19の出力信号に基づいて算出した実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるように可変バルブタイミング装置18のモータ26をフィードバック制御する。

そして、スタータのオフ後に、エンジン正回転中と判定されれば、再びエンジン正回転中のバルブタイミング制御を実行する。しかし、スタータのオフ後に、エンジン逆回転中と判定された場合には、実バルブタイミングの算出及び可変バルブタイミング制御を停止し、実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に戻す。

一方、エンジン 11 を停止する際には、IG スイッチがオフされた直後のエンジン正回転中は、エンジン正回転中のバルブタイミング制御を実行する。その後、エンジン停止中と判定されれば、VCT 駆動リレーがオフされるまで、エンジン停止中のバルブタイミング制御を実行する。ただし、エンジン逆回転中と判定された場合には、実バルブタイミングの算出及び可変バルブタイミング制御を停止し、実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に戻す。

以上説明した第 17 実施形態によれば、エンジン 11 の回転状態を監視して、エンジン正回転中や停止中にだけ、実バルブタイミングの算出や可変バルブタイミング制御を行い、エンジン逆回転が発生したときには実バルブタイミングの算出や可変バルブタイミング制御を停止するようにした。このため、エンジン始動時や停止時にエンジン逆回転が発生しても、逆回転によるバルブタイミング制御精度の悪化を未然に防止することができ、エンジン始動時や停止時の可変バルブタイミング制御の制御性を向上させることができる。

ただし、エンジン停止中は、クランク角センサ 20 やカム角センサ 19 の出力信号に基づいた実バルブタイミングの算出を行なうことができない。そこで、第 17 実施形態では、エンジン停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際に、エンジン停止後のモータ 26 の実回転数が目標回転数に一致するように制御してエンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング + バルブタイミング変化量）を目標バルブタイミングに一致させるようにした。これにより、エンジン停止中に実バルブタイミングを直接算出しなくても、間接的にエンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることができ、可変バルブタイミング制御を精度良く実行することができる。

更に、第 17 実施形態では、エンジン逆回転が発生したときに、実バルブタイミングを基準位置に制御するようにしたので、速やかに次の可変バルブタイミン

グ制御の準備状態にすることができる。

### 《第 1 8 実施形態》

次に、本発明の第 1 8 実施形態について説明する。

本実施形態における可変バルブタイミング装置 1 8 は、モータ 2 6 を駆動して  
5 いないときにモータ 2 6 の回転軸 2 7 が吸気側カム軸 1 6 と同期して回転する構造となっている。モータ 2 6 の回転状態（正回転・逆回転・停止）は、モータ回転速度センサ 2 9 の出力信号等に基づいて判定することができる。従って、モータ 2 6 が吸気側カム軸 1 6 と同期して回転する状態となっているときに、モータ 2 6 の回転状態を判定すれば、エンジン 1 1 の回転状態を判定することができる。

10 第 1 8 実施形態で実行する図 4 2 のエンジン正回転・逆回転判定プログラムは、第 1 7 実施形態で説明した図 3 6 のステップ 1 4 0 3 とステップ 1 4 0 4 の間に、2 つのステップ 1 4 0 3 a、1 4 0 3 b の処理を追加したものであり、それ以外の各ステップの処理は図 3 6 と同じである。

本プログラムでは、ステップ 1 4 0 3 で、スタータオフ時のエンジン回転速度  
15 が正回転を維持できる所定回転速度よりも低いと判定された場合に、ステップ 1 4 0 3 a に進む。ステップ 1 4 0 3 a では、可変バルブタイミング装置 1 8 が実バルブタイミングを現状維持する状態になっているとき、つまり、モータ 2 6 が吸気側カム軸 1 6 と同期して回転する状態になっているときに、モータ回転速度センサ 2 9 の出力信号等に基づいてモータ 2 6 の正回転・逆回転を判定する。こ  
20 のモータ 2 6 の正回転・逆回転は、エンジン 1 1 の正回転・逆回転に対応している。

この後、ステップ 1 4 0 3 b に進み、スタータのオフ後にモータ 2 6 の回転状態に基づいて正回転と判定される状態が所定時間（又は所定回転数）以上継続したか否か判定する。その結果、モータ 2 6 の回転状態に基づいて正回転と判定さ  
25 れる状態が所定時間（又は所定回転数）以上継続すれば、ステップ 1 4 0 2 に進み、エンジン正回転中と判定する。一方、モータ 2 6 の回転状態に基づいて正回転と判定される状態が所定時間（又は所定回転数）以上継続しなければ、ステップ 1 4 0 4 に進み、エンジン逆回転中と判定する。

このようにすれば、スタータオフ後のエンジン 1 1 の正回転・逆回転をより精



度良く判定することができる。

#### 《第19実施形態》

本発明の第19実施形態においても、可変バルブタイミング装置18は、モータ26を駆動していないときにモータ26の回転軸27が吸気側カム軸16と同期して回転する構造となっている。このため、吸気側カム軸16と同期して回転するモータ26の回転状態を判定すれば、エンジン11の回転状態を判定することができる。

本発明の第19実施形態では、図43のエンジン回転状態判定プログラムを実行する。本プログラムが起動されると、まず、ステップ1901で、可変バルブタイミング装置18を実バルブタイミングが現状維持される状態、つまり、モータ26が吸気側カム軸16と同期して回転する状態に設定する。その後、ステップ1902に進み、モータ回転速度センサ29の出力信号等に基づいてモータ26の回転状態（正回転・逆回転・停止）を判定する。

この後、ステップ1903に進み、上記ステップ1902の判定結果に基づいてモータ回転中であるか否かを判定する。モータ回転中でない（モータ停止中である）と判定されれば、ステップ1905に進み、エンジン停止中と判定して、本プログラムを終了する。

一方、上記ステップ1903で、モータ回転中であると判定された場合には、ステップ1904に進み、上記ステップ1902の判定結果に基づいてモータ正回転中であるか否かを判定する。モータ正回転中であると判定されれば、ステップ1906に進み、エンジン正回転中と判定して、本プログラムを終了する。

これに対して、上記ステップ1904で、モータ正回転中でない（モータ逆回転中である）と判定された場合には、ステップ1907に進み、エンジン逆回転中と判定して、本プログラムを終了する。

以上説明した第19実施形態では、モータ26が吸気側カム軸16と同期して回転する状態に設定した後、吸気側カム軸16と同期して回転するモータ26の回転状態に基づいて、エンジン11の回転状態（正回転・逆回転・停止）を判定するようにしたので、エンジン11の回転状態を精度良く判定することができる。

#### 《第20実施形態》

エンジン停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際に、第17実施形態では、エンジン停止後の可変バルブタイミング装置18のモータ26の回転量として、モータ26の実回転数が目標回転数に一致するように制御してエンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるようにした。それに対して、第20実施形態では、モータ26の回転量として、位相変化量を用いるものである。すなわち、エンジン停止後のモータ26の実位相変化量（実回転角度）を目標位相変化量（目標回転角度）に一致させるように制御してエンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるようにする。

尚、モータ26の位相変化量（回転角度）は、モータ26が所定角度回転する毎にモータ回転速度センサ29から出力されるパルス信号をカウントすることで検出することができる。

第20実施形態では、図44に示すエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムを実行する。本プログラムが起動されると、まず、ステップ2001で、目標バルブタイミングを算出する。次いで、ステップ2002で、エンジン停止直前に算出した実バルブタイミングと目標バルブタイミングとの差（目標バルブタイミング変化量）に応じてモータ26の目標位相変化量を算出する。そして、ステップ2003で、エンジン停止後のモータ26の位相変化量を積算してモータ26の実位相変化量を求める。尚、モータ26の位相変化量は、例えば、モータ正回転方向の場合にプラス値とし、モータ逆回転方向の場合にマイナス値とする。

この後、ステップ2004及びステップ2005で、エンジン停止後のモータ26の実位相変化量と目標位相変化量とを比較する。モータ26の実位相変化量が目標位相変化量よりも少なければ、ステップ2006にてモータ26を正回転制御し、モータ26の実位相変化量が目標位相変化量以上であれば、ステップ2007にてモータ26を逆回転制御する。

その後、ステップ2004にてエンジン停止後のモータ26の実位相変化量が目標位相変化量に一致したと判定されると、ステップ2008にて、エンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量）が目標バルブタイミングに到達したと判定する。そして、ステ

ップ2009にて、モータ26を停止して、その時点の実バルブタイミングを保持する。

以上説明した第20実施形態のようにしても、間接的にエンジン停止中の実バルブタイミングを算出し、その実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることができ、可変バルブタイミング制御を精度良く実行することができる。

#### 《第21実施形態》

上述した第17実施形態や第20実施形態のように、エンジン停止後の可変バルブタイミング装置18の作動量を示すモータ26の回転量(回転数、回転角度、位相変化量)を制御することにより、エンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることができる。ただし、エンジン停止後のバルブタイミング変化量を表すパラメータは、上述した可変バルブタイミング装置18の作動量(モータ26の回転量)に限られず、例えば、可変バルブタイミング装置への供給駆動力量を採用することも可能である。

図45に示す本発明の第21実施形態では、エンジン停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際に、上述した可変バルブタイミング装置18への供給駆動力量として、可変バルブタイミング装置18のモータ26への供給電力量を用いる。すなわち、エンジン停止後のモータ26への実供給電力量を目標供給電力量に一致させるように制御して、エンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させる。

第21実施形態では、図45に示すエンジン停止中のバルブタイミング制御プログラムを実行する。本プログラムが起動されると、まず、ステップ2101で、目標バルブタイミングを算出する。次に、ステップ2102で、エンジン停止直前に算出した実バルブタイミングと目標バルブタイミングとの差(目標バルブタイミング変化量)に応じてモータ26への目標供給電力量を算出する。その後、ステップ2103で、エンジン停止後のモータ26への供給電力量を積算してモータ26への実供給電力量を求める。尚、モータ26への供給電力量は、例えば、モータ正回転方向の場合にプラス値とし、モータ逆回転方向の場合にマイナス値とする。

この後、ステップ2104及びステップ2105において、エンジン停止後のモータ26への実供給電力量と目標供給電力量とを比較する。モータ26への実供給電力量が目標供給電力量よりも少なければ、ステップ2106にてモータ26に正回転方向の電力を供給する。一方、モータ26への実供給電力量が目標供給電力量以上であれば、ステップ2107にてモータ26に逆回転方向の電力を供給する。

その後、ステップ2104にて、エンジン停止後のモータ26への実供給電力量が目標供給電力量に一致したと判定したとき、ステップ2108にてエンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量）が目標バルブタイミングに到達したと判定する。そして、ステップ2109にて、モータ26への電力供給を停止して、その時点の実バルブタイミングを保持する。

以上説明した第21実施形態のようにしても、間接的にエンジン停止中の実バルブタイミングを算出して、この実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることができ、可変バルブタイミング制御を精度良く実行することができる。

### 《第22実施形態》

上述した第21実施形態では、可変バルブタイミング装置18がモータ駆動式であったため、可変バルブタイミング装置18への供給駆動力量として、可変バルブタイミング装置18のモータ26への供給電力量を用いた。

第22実施形態では、油圧駆動式の可変バルブタイミング装置を用いた場合に、可変バルブタイミング装置への供給駆動力量として、油圧駆動源（電動オイルポンプ）から供給される供給油量を採用するものである。すなわち、図46に示す本発明の第22実施形態では、エンジン11とは別に設けられた電動オイルポンプ等から供給される油圧で駆動する油圧駆動式の可変バルブタイミング装置（以下「油圧VCT」と表記する）において、エンジン停止後の油圧VCTへの実供給油量を目標供給油量に一致させるように制御してエンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるようにする。

第22実施形態では、図46に示すエンジン停止中のバルブタイミング制御プ

プログラムを実行する。本プログラムが起動されると、まず、ステップ2201で、目標バルブタイミングを算出する。次に、ステップ2202で、エンジン停止直前に算出した実バルブタイミングと目標バルブタイミングとの差（目標バルブタイミング変化量）に応じて油圧VCTへの目標供給油量を算出する。そして、ステップ2203で、エンジン停止後の油圧VCTへの供給油量を積算して油圧VCTへの実供給油量を求める。尚、油圧VCTへの供給油量は、例えば、バルブタイミング進角方向の場合にプラス値とし、バルブタイミング遅角方向の場合にマイナス値とする。

この後、ステップ2204及びステップ2205にて、エンジン停止後の油圧VCTへの実供給油量と目標供給油量とを比較する。油圧VCTへの実供給油量が目標供給油量よりも少なければ、ステップ2206にて、油圧VCTにバルブタイミング進角方向の油圧を供給する。一方、油圧VCTへの実供給油量が目標供給油量以上であれば、ステップ2207にて、油圧VCTにバルブタイミング遅角方向の油圧を供給する。

その後、ステップ2204にて、エンジン停止後の油圧VCTへの実供給油量が目標供給油量に一致したと判定したとき、ステップ2208にて、エンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量）が目標バルブタイミングに到達したと判定する。そして、ステップ2209にて、油圧VCTへの油供給条件を保持して、その時点の実バルブタイミングを保持する。

以上説明した第22実施形態のようにしても、間接的にエンジン停止中の実バルブタイミングを算出し、算出した実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることができ、可変バルブタイミング制御を精度良く実行することができる。

## 25 《第23実施形態》

エンジン逆回転中又は逆回転後の停止中に実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に制御する際に、前述の第17実施形態では、モータ26の実制御出力積算値が目標制御出力積算値を越えたか否かによって実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定するようにした。それに対して、

第23実施形態では、モータ26の実制御時間積算値が目標制御時間積算値を越えたか否かによって実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定するものである。すなわち、可変バルブタイミング装置18に対する制御出力を判定する際に、その制御出力の積算値以外に、制御時間の積算値を用いても、実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定することができる。

- 5 第23実施形態では、図47に示す基準位置到達判定プログラムを実行する。本プログラムでは、まず、ステップ2301で、実バルブタイミングを基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達させる（位相可変機構21の可動部をストッパ部に付き当てる）のに必要なモータ26の目標制御時間積算値を算出する。
- 10 その後、ステップ2302に進み、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）の方向へ移動するようにモータ26を制御し始めてからのモータ制御時間を積算してモータ26の実制御時間積算値を求める。

- この後、ステップ2303にて、モータ26の実制御時間積算値と目標制御時間積算値とを比較する。モータ26の実制御時間積算値が目標制御時間積算値を越えたとき、ステップ2304にて、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したと判断する。
- 15

以上説明した第23実施形態のようにしても、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否かを精度良く判定することができる。

## 20 《第24実施形態》

上述した第17実施形態及び第23実施形態では、可変バルブタイミング装置18に対する制御出力に基づいて、実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定した。しかしながら、実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かは、可変バルブタイミング装置18の作動状態に基づいて判定することも可能である。

25

図48に示す本発明の第24実施形態では、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達して位相可変機構21の可動部がストッパ部に付き当たったときに、モータ26の回転がカム軸回転速度と同等速度に急低下又は急停止してモータ26の電流値又は電圧値が増加することに着目した。すなわち、

可変バルブタイミング装置 18 の作動状態として、モータ 26 の実電流値又は実電圧値を監視し、実電流値又は実電圧値が所定の閾値を越えたか否かによって実バルブタイミングが基準位置に到達したか否かを判定するものである。

第 24 実施形態では、図 48 に示す基準位置到達判定プログラムを実行する。

5 本プログラムでは、まず、ステップ 2401 で、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否か（つまり、モータ 26 の回転が制限されてモータ 26 の電流値又は電圧値が増加したか否か）を判定するためのモータ電流閾値又はモータ電圧閾値を算出する。その後、ステップ 2402 で、モータ 26 の実電流値又は実電圧値を検出する。

10 この後、ステップ 2403 にて、モータ 26 の実電流値（又は実電圧値）とモータ電流閾値（又はモータ電圧閾値）とを比較する。モータ 26 の実電流値（又は実電圧値）がモータ電流閾値（又はモータ電圧閾値）を越えたとき、ステップ 2404 にて、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したと判断する。

15 以上説明した第 23 実施形態のようにしても、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否かを精度良く判定することができる。

#### 《第 25 実施形態》

第 25 実施形態は、上述した第 24 実施形態の変形例に相当する。すなわち、

20 第 25 実施形態では、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達して位相可変機構 21 の可動部がストッパ部に付き当たったときに、モータ 26 の回転がカム軸回転速度と同等速度に急低下又は急停止したことを、モータ 26 の実回転速度によって検出する。具体的には、モータ 26 の回転がカム軸回転速度と同等速度に急低下又は急停止してモータ 26 の実回転速度が所定の  
25 閾値以下になったとき、実バルブタイミングが基準位置に到達したと判定する。

第 25 実施形態では、図 49 に示す基準位置到達判定プログラムを実行する。本プログラムでは、まず、ステップ 2501 で、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否か（つまり、モータ 26 の回転速度が急低下したか否か）を判定するためのモータ回転速度閾値を算出する。その

後、ステップ2502で、モータ26の実回転速度を検出する。

この後、ステップ2503にて、モータ26の実回転速度とモータ回転速度閾値とを比較する。モータ26の実回転速度がモータ回転速度閾値以下になったときに、ステップ2504にて、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したと判断する。

以上説明した第25実施形態のようにしても、実バルブタイミングが基準位置（最進角位置又は最遅角位置）に到達したか否かを精度良く判定することができる。

#### 《第26実施形態》

次に、図50を用いて本発明の第26実施形態を説明する。

エンジン始動時や停止時等のエンジン回転速度が低いときには、エンジン11で駆動されるオルタネータの発電量（バッテリーの充電量）が低下して、バッテリー電圧が低下しやすくなる。エンジン始動時や停止時の可変バルブタイミング制御中にバッテリー電圧が低くなり過ぎると、可変バルブタイミング装置18への供給電力が不足状態になって可変バルブタイミング装置18の動作不良が発生したり、スタータへの供給電力が不足状態になってエンジン11の始動性が低下したりする可能性がある。

この対策として、第26実施形態では、図50に示す可変バルブタイミング装置の作動条件変更プログラムを実行することで、エンジン回転速度が所定値よりも低いときに、バッテリー電圧に応じて可変バルブタイミング装置18の作動条件を変更する。これにより、エンジン始動時や停止時等のエンジン回転速度が低いときにバッテリー電圧が低下しても、そのバッテリー電圧条件下で可変バルブタイミング装置18が正常動作できるように、或は、スタータへの供給電力を確保できるように、可変バルブタイミング装置18の作動条件を変更できる。

図50に示す可変バルブタイミング装置の作動条件変更プログラムは、IGスイッチのオンからVCT駆動リレーのオフまでの期間に所定周期で実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ2601で、現在のバッテリー電圧を検出する。その後、ステップ2602に進み、現在のエンジン回転速度を検出する。次に、ステップ2603にて、エンジン回転速度が所定値以上であるか否



かを判定する。この所定値は、エンジン 1 1 で駆動されるオルタネータの発電量（バッテリーの充電量）を十分に確保できるエンジン回転速度に設定される。その結果、エンジン回転速度が所定値以上であると判定されれば、バッテリー電圧低下による不具合は発生しないと判断して、本プログラムを終了する。

5 一方、ステップ 2 6 0 3 で、エンジン回転速度が所定値よりも低いと判定された場合には、ステップ 2 6 0 4 に進み、バッテリー電圧が第 1 の所定値 V1 以上であるか否かを判定する。その結果、バッテリー電圧が第 1 の所定値 V1 以上であると判定されれば、バッテリー電圧低下による不具合は発生しないと判断して、本プログラムを終了する。

10 上記ステップ 2 6 0 4 で、バッテリー電圧が第 1 の所定値 V1 よりも低いと判定されたときは、ステップ 2 6 0 5 に進み、バッテリー電圧が第 2 の所定値 V2 以上であるか否かを判定する。この第 2 の所定値 V2 は、第 1 の所定値 V1 よりも低い電圧値に設定されている。その結果、バッテリー電圧が第 1 の所定値 V1 よりも低く、且つ、第 2 の所定値 V2 以上であると判定された場合には、ステップ 2 6  
15 0 6 に進み、可変バルブタイミング装置 1 8 の作動速度を所定速度以下に制限して、可変バルブタイミング装置 1 8 の消費電力を低減する。これにより、可変バルブタイミング装置 1 8 を低消費電力モードで正常動作させながら、スタータ等への供給電力を確保できるようにする。

これに対して、バッテリー電圧が第 2 の所定値 V1 よりも低いと判定された場合  
20 には、可変バルブタイミング装置 1 8 の作動速度制限では対処しきれないと判断して、ステップ 2 6 0 7 に進み、可変バルブタイミング装置 1 8 の作動を禁止する。これにより、可変バルブタイミング装置 1 8 の動作不良やスタータへの供給電力不足を確実に防止できるようにする。

以上説明した第 2 6 実施形態によれば、エンジン回転速度が所定値よりも低い  
25 ときに、バッテリー電圧に応じて可変バルブタイミング装置 1 8 の作動速度を制限したり、可変バルブタイミング装置 1 8 の作動を禁止するようにした。これにより、エンジン始動時や停止時にバッテリー電圧の低下が発生しても、その電圧低下によって発生する可変バルブタイミング装置 1 8 の動作不良やエンジン始動性の低下を未然に防止することができ、エンジン始動時や停止時の制御性を向上させ

ることができる。

尚、第 2 6 実施形態におけるエンジン回転速度の所定値（閾値）やバッテリー電圧の所定値（閾値）は、エンジン状態（温度、エンジン負荷、電気負荷、オイル粘度等）に応じて変更しても良い。このようにすれば、例えば低温始動時のようにバッテリー負荷が大きい場合に、エンジン回転速度の所定値又はバッテリー電圧の所定値を大きくして、バッテリー電圧不足による不具合を防止することが可能になる。

また、第 2 6 実施形態では、バッテリー電圧が低いときに、可変バルブタイミング装置 1 8 の作動速度を制限するようにしたが、可変バルブタイミング装置 1 8 の他の作動条件（例えば作動量等）を変更するようにしても良い。

また、第 2 6 実施形態は、上述した各実施形態と組み合わせて実施しても良いが、単独で実施しても良い。

また、上記第 1 7 実施形態～第 2 6 実施形態では、バルブタイミング制御プログラム側でエンジン逆回転を判定するようにしたが、エンジン制御プログラム側でエンジン逆回転判定を実行し、その判定結果をバルブタイミング制御プログラムで利用するようにしても良い。また、バルブタイミング制御プログラム側で実行したエンジン逆回転判定の判定結果をエンジン制御プログラム側に反映させて、逆回転判定時の燃料カット制御等を実行するようにしても良い。

また、上記第 1 7 実施形態～第 2 6 実施形態では、エンジン停止中に可変バルブタイミング制御を実行する際に、エンジン停止後のモータ 2 6 の回転量（回転数、位相変化量）等のバルブタイミング変化量を表すパラメータを目標値に制御することで、エンジン停止中に実バルブタイミングを直接算出せずに、エンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるようにした。しかし、エンジン停止直前の実バルブタイミングと、エンジン停止後のモータ 2 6 の回転量（回転数、位相変化量）等のバルブタイミング変化量を表すパラメータとに基づいてエンジン停止中の実バルブタイミング（エンジン停止直前の実バルブタイミング+バルブタイミング変化量）を算出し、エンジン停止中の実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させるように可変バルブタイミング装置 1 8 をフィードバック制御するようにしても良い。

また、本発明は、上述した第17実施形態～第26実施形態のように吸気バルブの可変バルブタイミング制御装置に限定されず、排気バルブの可変バルブタイミング制御装置に適用しても良い。更に、可変バルブタイミング装置18の構成は、適宜変更しても良く、要は、エンジンとは別に設けたモータ、オイルポンプ

5 等の駆動源で駆動する可変バルブタイミング装置であれば良い。

## 請求の範囲

1. 内燃機関のクランク軸に対するカム軸の回転位相（以下「カム軸位相」という）を変化させることで、該カム軸によって開閉駆動される吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを変化させる可変バルブタイミング装置を制御するも

5 のにおいて、

前記可変バルブタイミング装置は、

前記カム軸と同心状に配置され且つ前記クランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の回転部材と、

前記カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、

10 前記第1の回転部材の回転力を前記第2の回転部材に伝達し且つ前記第1の回転部材に対する前記第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材と、

この位相可変部材の回転位相を制御するように前記カム軸と同心に配置されたモータとを備え、

15 前記バルブタイミングを変化させないときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に一致させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に一致させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を現状維持して、前記カム軸位相を現状維持し、前記バルブタイミングを変化させるときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を変化させて前記カム軸位相を変化させるように構成し、

目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差に基づいて要求バルブタイミング変化速度を算出する要求バルブタイミング変化速度算出手段と、

20 前記要求バルブタイミング変化速度に基づいて前記モータと前記カム軸との要求回転速度差を算出する要求回転速度差算出手段と、

前記モータと前記カム軸との回転速度差を前記要求回転速度差に制御するようにモータ制御値を算出するモータ制御値算出手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

2. 前記モータ制御値算出手段は、前記カム軸の回転速度と前記要求回転速度差

とに基づいて要求モータ回転速度を算出し、前記モータの回転速度を前記要求モータ回転速度に制御するように前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

3. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度と同じ基本モータ回転速度に制御するための基本制御値を算出すると共に、前記モータの回転速度を前記基本モータ回転速度に対して前記要求回転速度差だけ変化させるための変化制御値を算出し、前記基本制御値と前記変化制御値とに基づいて前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。
- 10 4. 前記モータ制御値算出手段は、目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差が所定値以下のときに、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度と同じ回転速度に制御するように前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。
- 15 5. 前記モータ制御値算出手段は、前記可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失又はこれと相関関係にあるパラメータ、前記カム軸側の駆動損失又はこれと相関関係にあるパラメータ、前記モータの逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータのうちの少なくとも1つを用いて前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。
- 20 6. 前記モータ制御値算出手段は、前記要求回転速度差に応じて前記可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失又はこれと相関関係にあるパラメータを算出することを特徴とする請求の範囲第5項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。
- 25 7. 前記モータ制御値算出手段は、前記カム軸の回転速度と前記要求回転速度差とに基づいて算出した要求モータ回転速度に応じて前記モータの逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータを算出することを特徴とする請求の範囲第5項又は第6項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。
8. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータの回転速度及び／又はその増減状

態に基づいて前記モータ制御値を補正することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第7項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

9. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータへの供給電力をデューティ制御するためのデューティ値を前記モータ制御値として算出することを特徴とする請求の範囲第8項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

10. 前記バルブタイミングの変化速度、前記モータと前記カム軸との回転速度差、前記モータの回転速度のうちの少なくとも1つに対して制限値を設けるようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項乃至第9項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 10 11. カム軸の回転速度に対してモータの回転速度を調整することで、カム軸の位相を変更する、モータ式可変バルブタイミング制御装置において、

目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差に基づいて要求バルブタイミング変化速度を算出する要求バルブタイミング変化速度算出手段と、

- 15 前記要求バルブタイミング変化速度に基づいて前記モータと前記カム軸との要求回転速度差を算出する要求回転速度差算出手段と、

前記モータと前記カム軸との回転速度差を前記要求回転速度差に制御するようにモータ制御値を算出するモータ制御値算出手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

- 20 12. 前記モータ制御値算出手段は、前記カム軸の回転速度と前記要求回転速度差とに基づいて要求モータ回転速度を算出し、前記モータの回転速度を前記要求モータ回転速度に制御するように前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第11項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

- 25 13. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度と同じ基本モータ回転速度に制御するための基本制御値を算出すると共に、前記モータの回転速度を前記基本モータ回転速度に対して前記要求回転速度差だけ変化させるための変化制御値を算出し、前記基本制御値と前記変化制御値とに基づいて前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第11項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

14. 前記モータ制御値算出手段は、目標バルブタイミングと実バルブタイミングとの偏差が所定値以下のときに、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度と同じ回転速度に制御するように前記モータ制御値を算出することを特徴とする請求の範囲第11項乃至第13項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変

5 バルブタイミング制御装置。

15. 前記モータ制御値算出手段は、可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失又はこれと相関関係にあるパラメータ、前記カム軸側の駆動損失又はこれと相関関係にあるパラメータ、前記モータの逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータのうちの少なくとも1つを用いて前記モータ制御値を算出することを特徴と

10 する請求の範囲第11項乃至第14項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

16. 前記モータ制御値算出手段は、前記要求回転速度差に応じて前記可変バルブタイミング装置内部の摩擦損失又はこれと相関関係にあるパラメータを算出することを特徴とする請求の範囲第15項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブ

15 タイミング制御装置。

17. 前記モータ制御値算出手段は、前記カム軸の回転速度と前記要求回転速度差とに基づいて算出した要求モータ回転速度に応じて前記モータの逆起電力又はこれと相関関係にあるパラメータを算出することを特徴とする請求の範囲第15項又は第16項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

20 18. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータの回転速度及び／又はその増減状態に基づいて前記モータ制御値を補正することを特徴とする請求の範囲第11項乃至第17項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

25 19. 前記モータ制御値算出手段は、前記モータへの供給電力をデューティ制御するためのデューティ値を前記モータ制御値として算出することを特徴とする請求の範囲第18項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

20. 前記バルブタイミングの変化速度、前記モータと前記カム軸との回転速度差、前記モータの回転速度のうちの少なくとも1つに対して制限値を設けるようにしたことを特徴とする請求の範囲第11項乃至第19項のいずれかに記載の内

燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

21. 内燃機関のクランク軸に対するカム軸の回転位相（以下「カム軸位相」という）を変化させることで、該カム軸によって開閉駆動される吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを変化させる可変バルブタイミング装置を制御する

5 ものにおいて、

前記可変バルブタイミング装置は、

前記カム軸と同心状に配置され且つ前記クランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の回転部材と、

前記カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、

10 前記第1の回転部材の回転力を前記第2の回転部材に伝達し且つ前記第1の回転部材に対する前記第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材と、

この位相可変部材の回転位相を制御するように前記カム軸と同心に配置されたモータとを備え、

前記バルブタイミングを変化させないときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に一致させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に一致させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を現状維持して、前記カム軸位相を現状維持し、前記バルブタイミングを変化させるときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を変化させて前記カム軸位相を変化させるように構成し、

所定クランク角毎にクランク角信号を出力するクランク角センサと、

所定カム角毎にカム角信号を出力するカム角センサと、

25 前記カム角信号が出力される毎に該カム角信号と前記クランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングを算出するカム角信号出力時バルブタイミング算出手段と、

所定の演算周期で前記モータの回転速度と前記カム軸の回転速度との差に基づいてバルブタイミング変化量を算出するバルブタイミング変化量算出手段と、

所定の演算周期で前記カム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値と前記



バルブタイミング変化量の算出値とに基づいて最終的な実バルブタイミングを算出する最終バルブタイミング算出手段と

を備えていることを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

22. 前記バルブタイミング変化量算出手段は、演算周期当りのバルブタイミング変化量を算出してその算出値を積算する手段と、前記カム角信号が出力される毎に前記バルブタイミング変化量の積算値をリセットする手段とを有し、

- 10 前記最終バルブタイミング算出手段は、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

23. 前記バルブタイミング変化量算出手段は、前記カム軸の回転速度のデータとして、前記クランク角センサのクランク角信号の出力周期に基づいて検出される前記クランク軸の回転速度の $1/2$ の値を用いることを特徴とする請求の範囲第21項又は第22項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 15 24. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記内燃機関の停止中に、停止時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第21項乃至第23項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 20 25. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記カム角センサの故障時に、故障前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第21項乃至第24項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 25 26. カム軸の回転速度に対してモータの回転速度を調整することで、カム軸の位相を変更する、モータ式可変バルブタイミング制御装置において、

所定クランク角毎にクランク角信号を出力するクランク角センサと、

所定カム角毎にカム角信号を出力するカム角センサと、

前記カム角信号が出力される毎に該カム角信号と前記クランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングを算出するカム角信号出力時バルブタイミング算出手段と、

- 5 所定の演算周期で前記モータの回転速度と前記カム軸の回転速度との差に基づいてバルブタイミング変化量を算出するバルブタイミング変化量算出手段と、

所定の演算周期で前記カム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値と前記バルブタイミング変化量の算出値とに基づいて最終的な実バルブタイミングを算出する最終バルブタイミング算出手段と

- 10 を備えていることを特徴とする内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

27. 前記バルブタイミング変化量算出手段は、演算周期当りのバルブタイミング変化量を算出してその算出値を積算する手段と、前記カム角信号が出力される毎に前記バルブタイミング変化量の積算値をリセットする手段とを有し、

- 15 前記最終バルブタイミング算出手段は、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第26項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

- 20 28. 前記バルブタイミング変化量算出手段は、前記カム軸の回転速度のデータとして、前記クランク角センサのクランク角信号の出力周期に基づいて検出される前記クランク軸の回転速度の $1/2$ の値を用いることを特徴とする請求の範囲第26項又は第27項に記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

- 25 29. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記内燃機関の停止中に、停止時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第26項乃至第28項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

30. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記カム角センサの故障時に、故障前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第26項乃至第29項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。
31. カム軸の回転速度に対してモータの回転速度を調整することで、カム軸の位相を変更する、モータ式可変バルブタイミング制御装置において、
- 10 所定クランク角毎にクランク角信号を出力するクランク角センサと、
- 所定カム角毎にカム角信号を出力するカム角センサと、
- 所定モータ角度毎にモータ角信号を出力するモータ角センサと、
- モータ回転角度の変化量を算出する手段と、
- 前記カム軸回転角度の変化量を算出する手段と、
- 15 前記カム角信号が出力される毎に該カム角信号と前記クランク角信号とに基づいてカム角信号出力時の実バルブタイミングを算出するカム角信号出力時バルブタイミング算出手段と、
- 前記モータ回転角度の変化量とカム軸回転角度の変化量の差に基づいて、バルブタイミング変化量を算出するバルブタイミング変化量算出手段と、
- 前記カム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値と前記バルブタイミング変化量の算出値とに基づいて、最終的な実バルブタイミングを算出する最終バルブタイミング算出手段と
- 20 を備えていることを特徴とする内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。
32. 前記バルブタイミング変化量算出手段は、演算周期毎のバルブタイミング変化量を算出してその算出値を積算する手段と、前記カム角信号が出力される毎に前記バルブタイミング変化量の積算値をリセットする手段とを有し、
- 25 前記最終バルブタイミング算出手段は、最新のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第31項に記載

の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

33. 前記モータ回転角度の変化量は、所定モータ角毎にモータ角信号を出力するモータ角センサの出力回数を基にカウントするモータ角カウンタの変化量から算出されることを特徴とする請求の範囲第31項または第32項に記載の内燃機

5 関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

34. 前記カム軸回転角度の変化量は、所定クランク角毎にクランク角信号を出力するクランク角センサの出力回数を基にカウントするクランク角カウンタの変化量から算出されるクランク角度の変化量の $1/2$ の値であることを特徴とする請求の範囲第31項乃至第33項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バ

10 ルブタイミング制御装置。

35. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記内燃機関の停止中に、停止時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求めるか又は基準位置からのバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴と

15 する請求の範囲第31項乃至第34項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

36. 前記最終バルブタイミング算出手段は、前記カム角センサの故障時に、故障前の最後のカム角信号出力時の実バルブタイミングの算出値に、それ以後のバルブタイミング変化量の積算値を加算して最終的な実バルブタイミングを求める

20 か又は基準位置からのバルブタイミングの変化量の積算値で最終的な実バルブタイミングを求めることを特徴とする請求の範囲第31項乃至第35項のいずれかに記載の内燃機関のモータ式可変バルブタイミング制御装置。

37. 内燃機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングをギヤ機構を介して可変する可変バルブタイミング装置と、この可変バルブタイミング装置を制

25 御する制御手段とを備えた内燃機関の可変バルブタイミング制御装置において、

前記制御手段は、実バルブタイミングが前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置付近に設定された所定の速度制限領域内にあるときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に制限する速度制限制御を実行することを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

38. 前記制御手段は、実バルブタイミングが前記速度制限領域内にある場合でも、該速度制限領域の限界位置と反対方向へ実バルブタイミングを変化させるときには、前記速度制限制御を実行しないようにしたことを特徴とする請求の範囲第37項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 5 39. 前記速度制限領域は、バルブタイミング変化速度を前記所定速度まで減速するのに必要なバルブタイミング変化量及び／又は実バルブタイミングの検出誤差に基づいて設定されることを特徴とする請求の範囲第37項又は第38項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

40. バルブタイミングの基準位置を学習する基準位置学習手段を備え、

- 10 前記制御手段は、前記基準位置学習手段による基準位置学習が完了していないときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に制限する速度制限制御を実行することを特徴とする請求の範囲第37項乃至第39項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 15 41. 内燃機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングをギヤ機構を介して可変する可変バルブタイミング装置と、この可変バルブタイミング装置を制御する制御手段とを備えた内燃機関の可変バルブタイミング制御装置において、バルブタイミングの基準位置を学習する基準位置学習手段を備え、

- 20 前記制御手段は、前記基準位置学習手段による基準位置学習が完了していないときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に制限する速度制限制御を実行することを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 25 42. 前記制御手段は、前記基準位置学習手段による基準位置学習が完了していないときに、実バルブタイミングと前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置との差が所定値以内の領域で、前記速度制限制御を実行することを特徴とする請求の範囲第40項又は第41項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

43. 前記制御手段は、前記基準位置学習手段による基準位置学習が完了していない状態で可変バルブタイミング制御を実行するときに、前記速度制限制御により所定速度以下に制限されたバルブタイミング変化速度に応じた目標バルブタイミングを設定することを特徴とする請求の範囲第40項乃至第42項のいずれか

に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

44. 前記基準位置学習手段は、前記基準位置学習が完了するまで、通常の変バルブタイミング制御を禁止して前記基準位置学習のみを実行可能とすることを特徴とする請求の範囲第40項乃至第43項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

45. 内燃機関の吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングをギヤ機構を介して可変する可変バルブタイミング装置と、この可変バルブタイミング装置を制御する制御手段とを備えた内燃機関の可変バルブタイミング制御装置において、バルブタイミングの基準位置を学習する基準位置学習手段と、

- 10 前記基準位置学習手段による基準位置学習の異常の有無を判定する学習異常判定手段とを備え、

前記制御手段は、前記学習異常判定手段により基準位置学習の異常有りと判定されたときに、バルブタイミング変化速度を所定速度以下に制限する速度制限制御を実行することを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 15 46. 前記学習異常判定手段は、前記基準位置学習手段により学習した基準位置学習値が所定のガード値を越えたときに基準位置学習の異常有りと判定することを特徴とする請求の範囲第45項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

47. 前記制御手段は、前記学習異常判定手段により基準位置学習の異常有りと判定された状態で可変バルブタイミング制御を行なうときに、前記速度制限制御により所定速度以下に制限されたバルブタイミング変化速度に応じた目標バルブタイミングを設定することを特徴とする請求の範囲第45項又は第46項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 20 48. 前記制御手段は、前記学習異常判定手段により基準位置学習の異常無しと判定されるまで、通常の変バルブタイミング制御を禁止して前記基準位置学習のみを実行可能とすることを特徴とする請求の範囲第45項乃至第47項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

49. 前記基準位置学習手段は、前記内燃機関の始動前に前記基準位置を学習することを特徴とする請求の範囲第40項乃至第48項のいずれかに記載の内燃機

関の可変バルブタイミング制御装置。

50. 前記基準位置学習が完了するまで前記内燃機関の始動制御を禁止する始動禁止手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第49項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 5 51. 前記始動禁止手段は、前記基準位置学習が完了するまで前記内燃機関の始動制御を禁止する処理をイグニッションスイッチのオンから所定期間内に限って実行することを特徴とする請求の範囲第50項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 10 52. 前記ギヤ機構は、カム軸と同心状に配置され且つクランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の回転部材と、前記カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、前記第1の回転部材の回転力を前記第2の回転部材に伝達し且つ前記第1の回転部材に対する前記第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材とから構成され、前記第1の回転部材と前記位相可変部材との駆動力伝達手段及び／又は前記第2の回転部材と前記位相可変部材との駆動力伝達手段が歯車  
15 車で構成され、

前記位相可変部材の回転位相を制御するモータを備え、

- 前記制御手段は、前記バルブタイミングを変化させないときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に一致させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に一致させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を現状維持して、前記バルブタイミングを現状維持し、  
20 前記バルブタイミングを変化させるときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を変化させて前記バルブタイミングを変化させることを特徴とする請求の範囲第37項乃至第51項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。  
25

53. 内燃機関とは別に設けられた駆動源により吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置と、この可変バルブタイミング装置を実バルブタイミングが目標バルブタイミングに一致するように制御

(以下この制御を「可変バルブタイミング制御」という)するバルブタイミング制御手段とを備えた内燃機関の可変バルブタイミング制御装置において、

内燃機関の回転状態を判定する回転状態判定手段を備え、

前記バルブタイミング制御手段は、前記回転状態判定手段により内燃機関が正

- 5 回転中又は停止中であると判定されたときに、実バルブタイミングの算出及び／又は可変バルブタイミング制御を行なうことを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

54. 前記回転状態判定手段は、クランク角センサ及び／又はカム角センサの出力信号に基づいて内燃機関の回転状態を判定することを特徴とする請求の範囲第

- 10 53項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

55. 前記回転状態判定手段は、スタータがオンされているとき又はスタータがオフされた時点の機関回転速度が所定値以上と判定された内燃機関の回転中に、内燃機関が正回転していると判定することを特徴とする請求の範囲第53項又は第54項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 15 56. 前記可変バルブタイミング装置は、前記カム軸と同期して回転する回転軸を有する駆動用モータを備え、

前記回転状態判定手段は、前記モータの回転状態に基づいて内燃機関の回転状態を判定することを特徴とする請求の範囲第53項乃至第55項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 20 57. 前記回転状態判定手段は、スタータのオフ後に前記モータの回転状態に基づいて正回転と判定される状態が所定期間継続したときに、内燃機関が正回転していると判定することを特徴とする請求の範囲第56項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

- 25 58. 前記可変バルブタイミング装置は、カム軸と同心状に配置され且つクランク軸の回転駆動力によって回転駆動される第1の回転部材と、前記カム軸と一体的に回転する第2の回転部材と、前記第1の回転部材の回転力を前記第2の回転部材に伝達し且つ前記第1の回転部材に対する前記第2の回転部材の回転位相を変化させる位相可変部材と、この位相可変部材の回転位相を制御するように前記カム軸と同心に配置された前記モータとを備え、前記バルブタイミングを変化さ



せないときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に一致させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に一致させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を現状維持して、前記バルブタイミングを現状維持し、前記バルブタイミングを変化させるときは、前記モータの回転速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させて、前記位相可変部材の旋回速度を前記カム軸の回転速度に対して変化させることで、前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との回転位相の差を変化させて前記バルブタイミングを変化させるように構成され、

前記回転状態判定手段は、前記可変バルブタイミング装置が前記バルブタイミングを現状維持する状態になっているときに、前記モータの回転状態に基づいて内燃機関の回転状態を判定することを特徴とする請求の範囲第56項又は第57項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

59. 前記バルブタイミング制御手段は、内燃機関の停止中に前記可変バルブタイミング制御を実行する際に、機関停止後の前記可変バルブタイミング装置の作動量及び／又は前記可変バルブタイミング装置への供給駆動力量を制御して実バルブタイミングを目標バルブタイミングに一致させることを特徴とする請求の範囲第53項乃至第58項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

60. 前記可変バルブタイミング装置がモータ駆動式の場合、前記バルブタイミング制御手段は、前記可変バルブタイミング装置の作動量として前記モータの回転量を制御することを特徴とする請求の範囲第59項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

61. 前記可変バルブタイミング装置がモータ駆動式の場合、前記バルブタイミング制御手段は、前記可変バルブタイミング装置への供給駆動力量として供給電力量を制御することを特徴とする請求の範囲第59項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

62. 前記可変バルブタイミング装置が油圧駆動式の場合、前記バルブタイミング制御手段は、前記可変バルブタイミング装置への供給駆動力量として供給油量を制御することを特徴とする請求の範囲第59項に記載の内燃機関の可変バルブ

タイミング制御装置。

63. 前記バルブタイミング制御手段は、前記回転状態判定手段により内燃機関が逆回転したと判定されたときに、前記バルブタイミングを基準位置に制御することを特徴とする請求の範囲第53項乃至第62項のいずれかに記載の内燃機関

5 の可変バルブタイミング制御装置。

64. 前記基準位置が前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置に設定されている場合、前記バルブタイミング制御手段は、内燃機関の逆回転中又は逆回転後の停止中に前記バルブタイミングを前記基準位置に制御することを特徴とする請求の範囲第63項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

10 65. 前記バルブタイミング制御手段は、前記可変バルブタイミング装置に対する制御出力に基づいて実バルブタイミングが前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置に設定された基準位置に到達したか否かを判定することを特徴とする請求の範囲第64項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

15 66. 前記バルブタイミング制御手段は、前記可変バルブタイミング装置の作動状態に基づいて実バルブタイミングが前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の限界位置に設定された基準位置に到達したか否かを判定することを特徴とする請求の範囲第64項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

20 67. 前記基準位置が前記可変バルブタイミング装置の可動範囲の中間的な位置に設定されている場合、前記バルブタイミング制御手段は、内燃機関の逆回転後の停止中に実バルブタイミングを前記基準位置に制御することを特徴とする請求の範囲第63項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

25 68. 前記バルブタイミング制御手段は、内燃機関の回転速度が所定値よりも低いときに、バッテリー電圧に応じて前記可変バルブタイミング装置の作動条件を変更することを特徴とする請求の範囲第53項乃至第67項のいずれかに記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

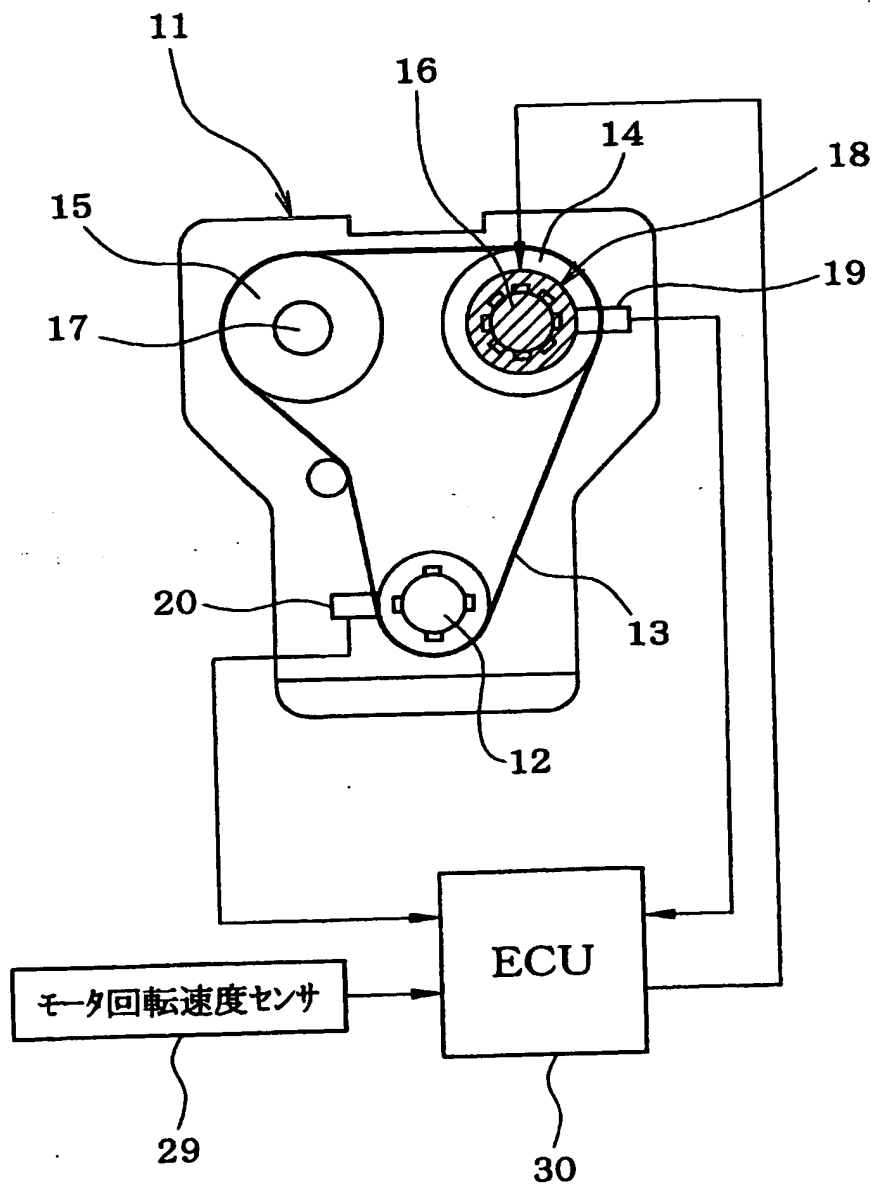
69. 内燃機関とは別に設けられた駆動源により吸気バルブ又は排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング装置と、この可変バルブタイミング装置を制御するバルブタイミング制御手段とを備えた内燃機関の可変バルブタイミング制御装置において、

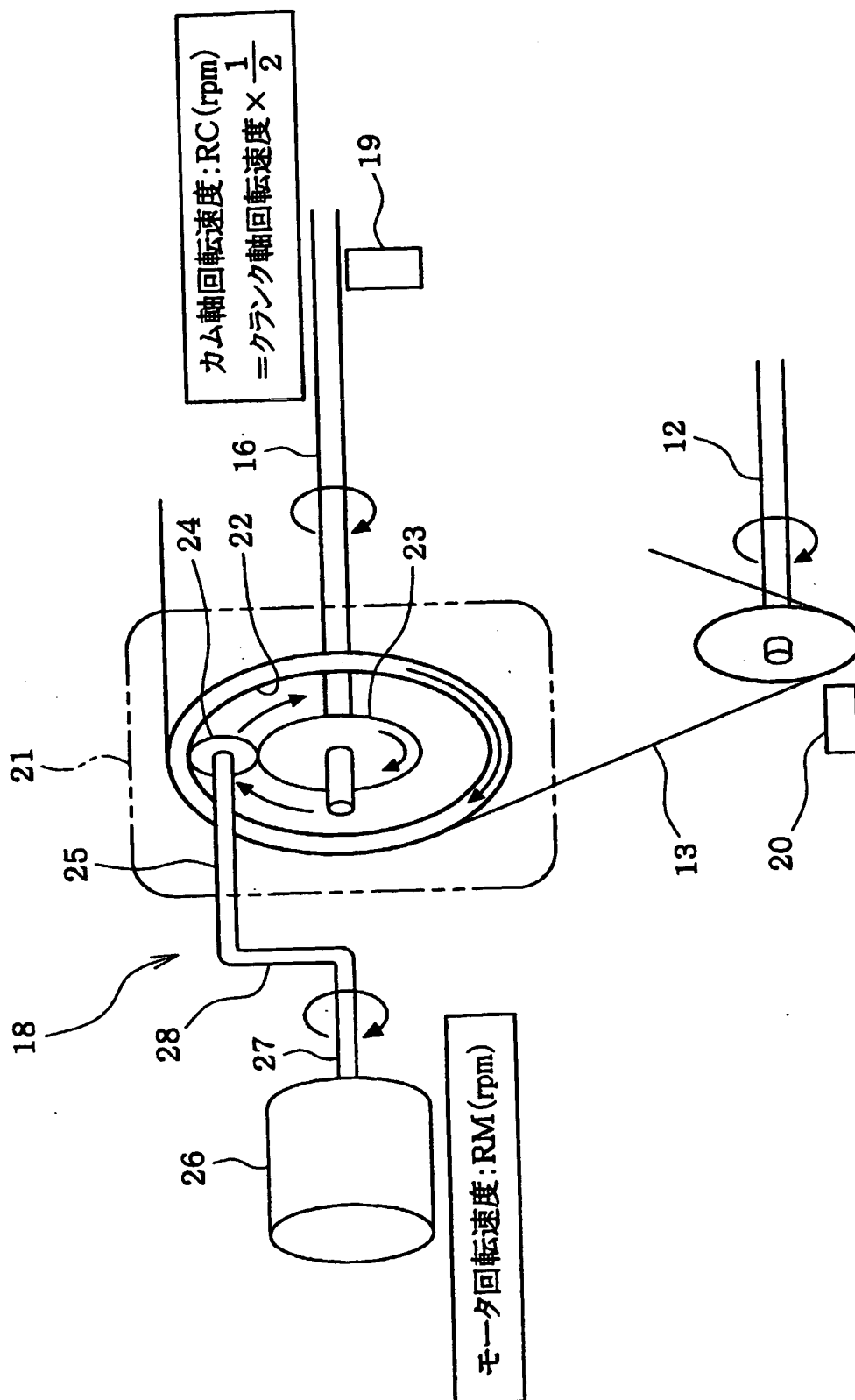
前記バルブタイミング制御手段は、内燃機関の回転速度が所定値よりも低いときに、バッテリー電圧に応じて前記可変バルブタイミング装置の作動条件を変更することを特徴とする内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

70. 前記バルブタイミング制御手段は、前記バッテリー電圧が第1の所定値からそれよりも低い第2の所定値までの領域内のときに前記可変バルブタイミング装置の作動速度を制限し、前記バッテリー電圧が前記第2の所定値よりも低いときに前記可変バルブタイミング装置の作動を禁止することを特徴とする請求の範囲第68項又は第69項に記載の内燃機関の可変バルブタイミング制御装置。

1/46

図1

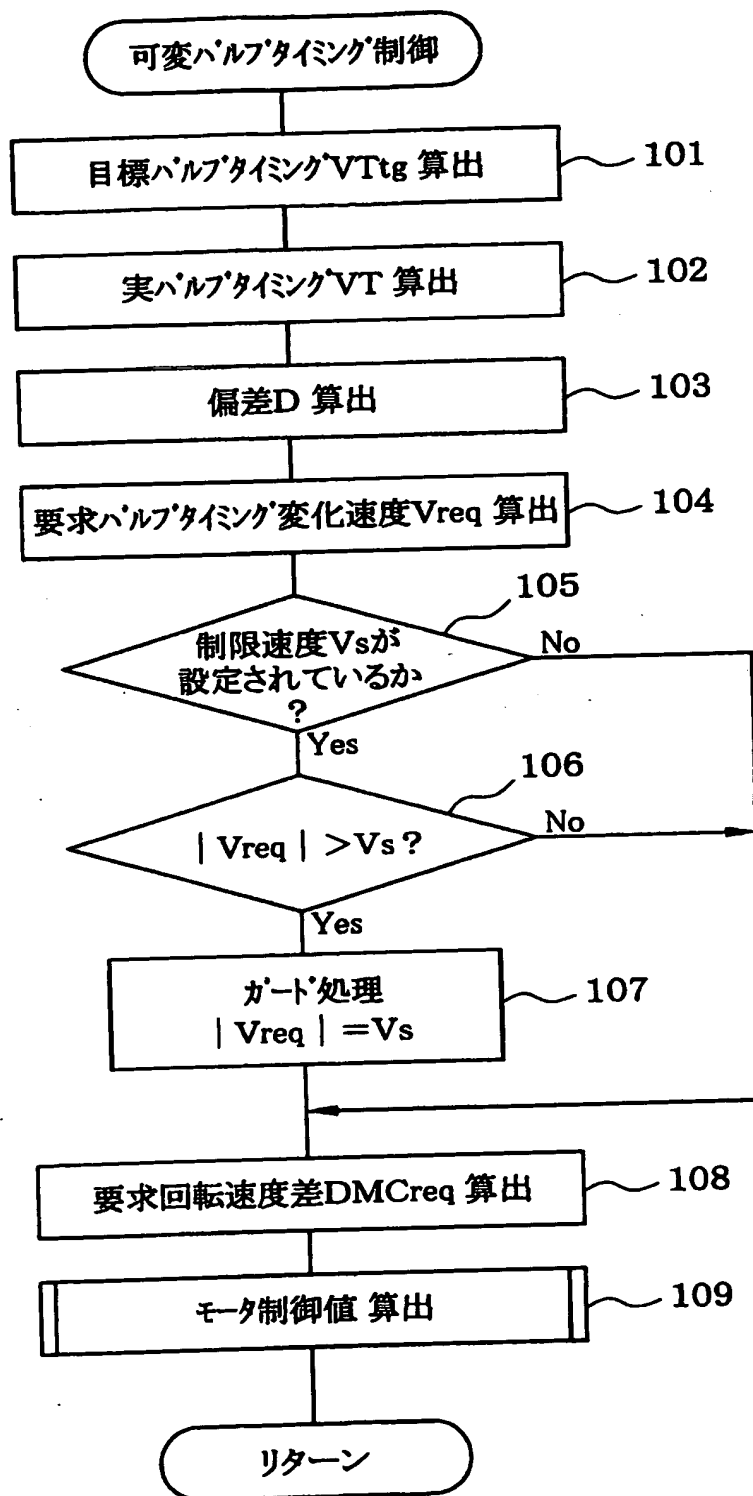




2

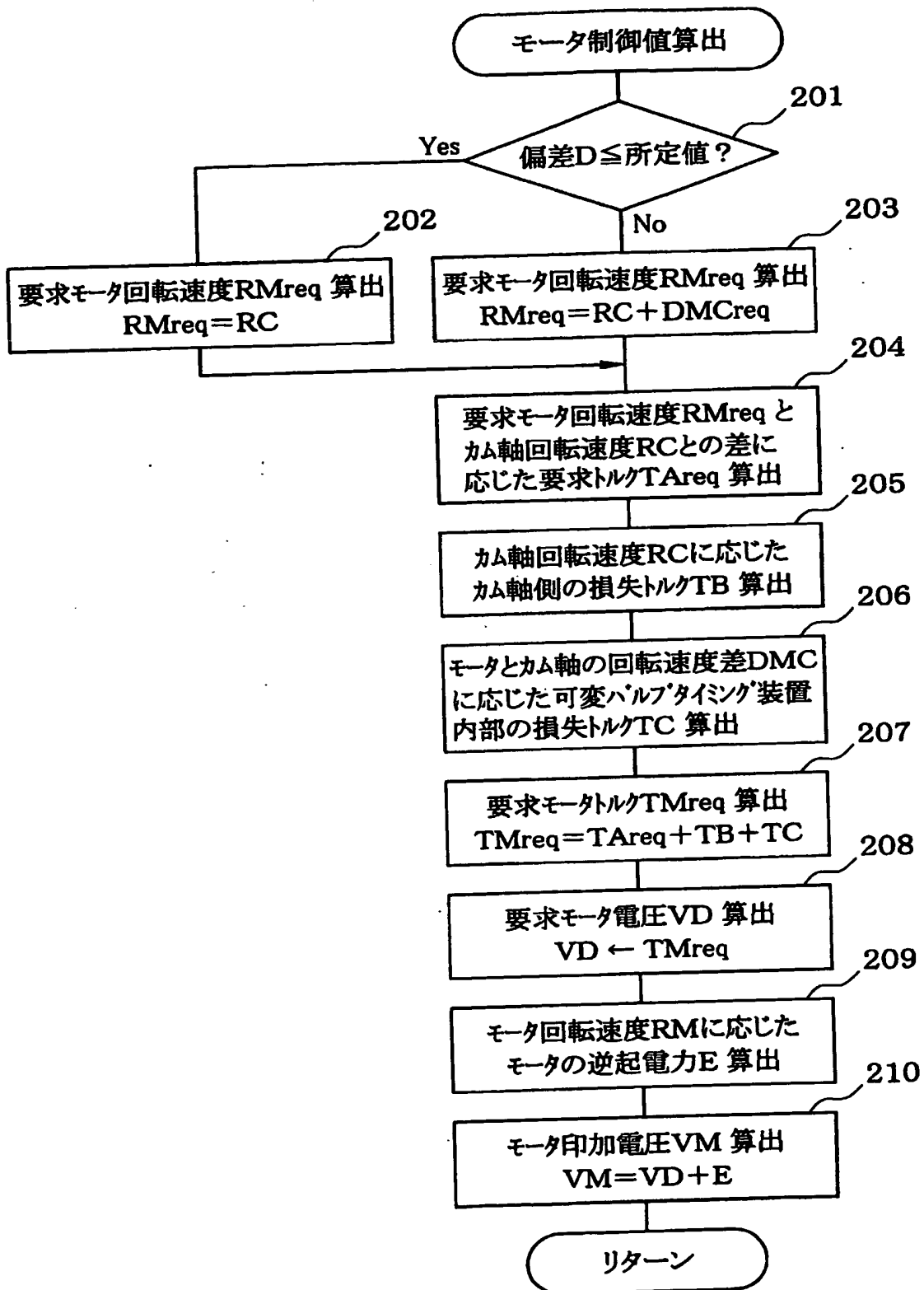
3/46

図3



4/46

図4



5/46

図5

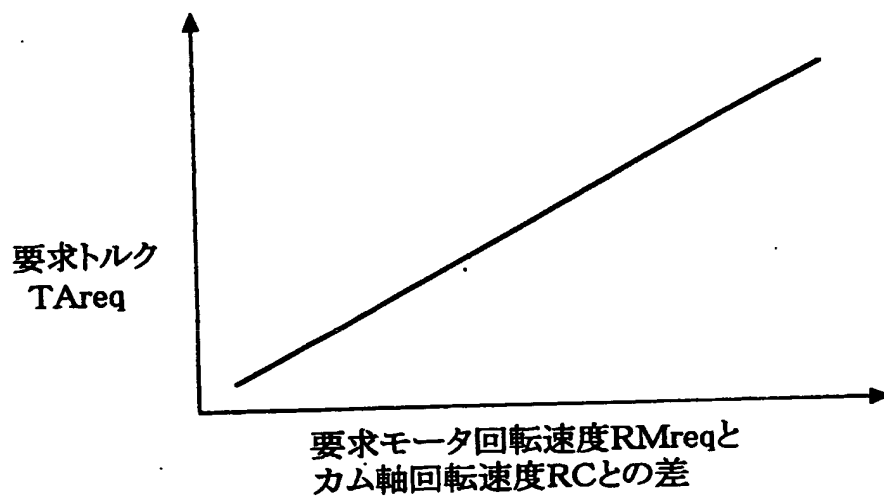


図6

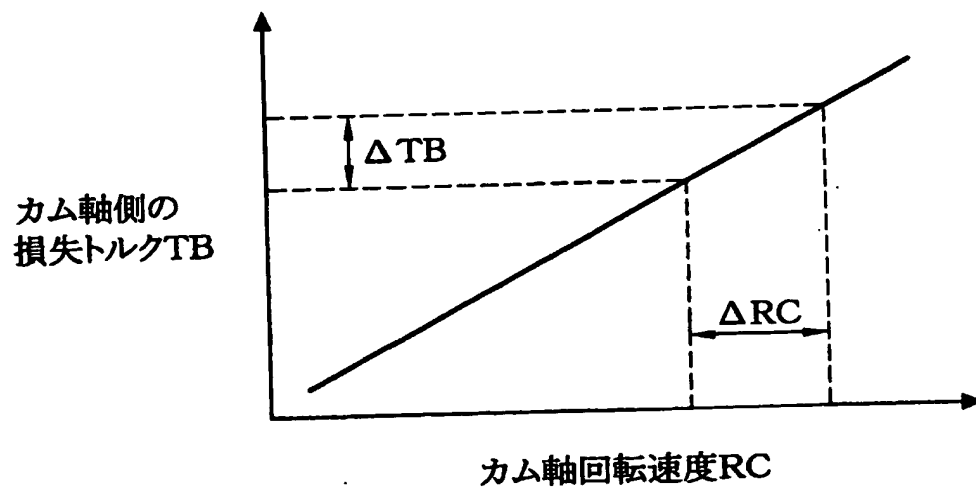




図7

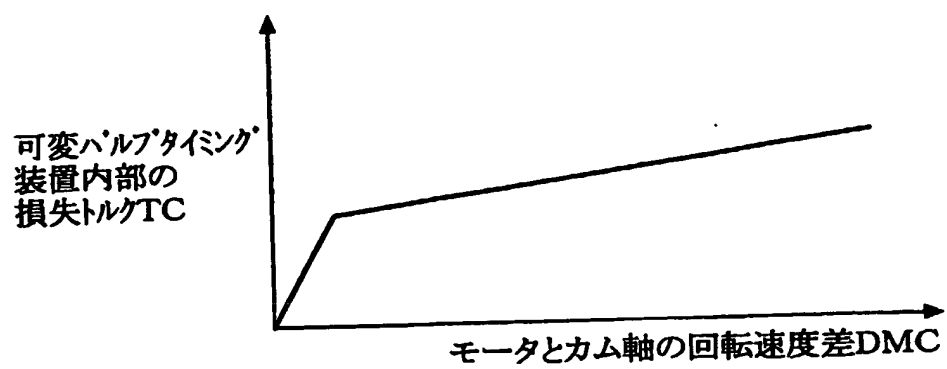
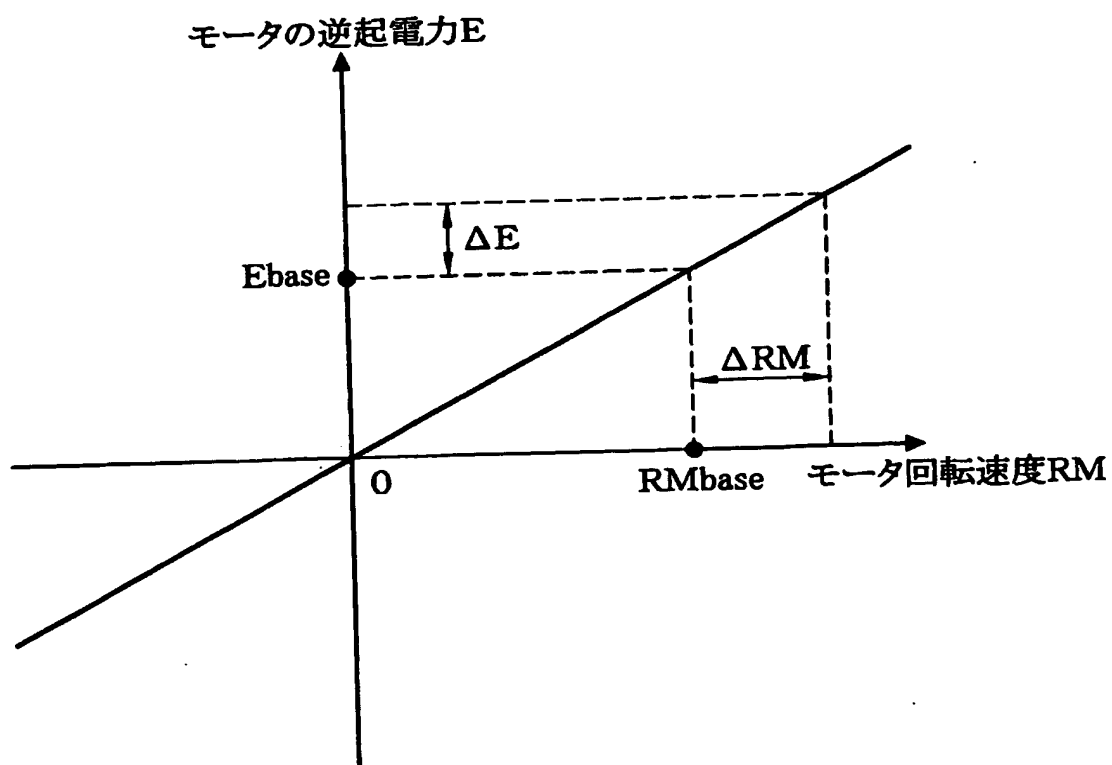
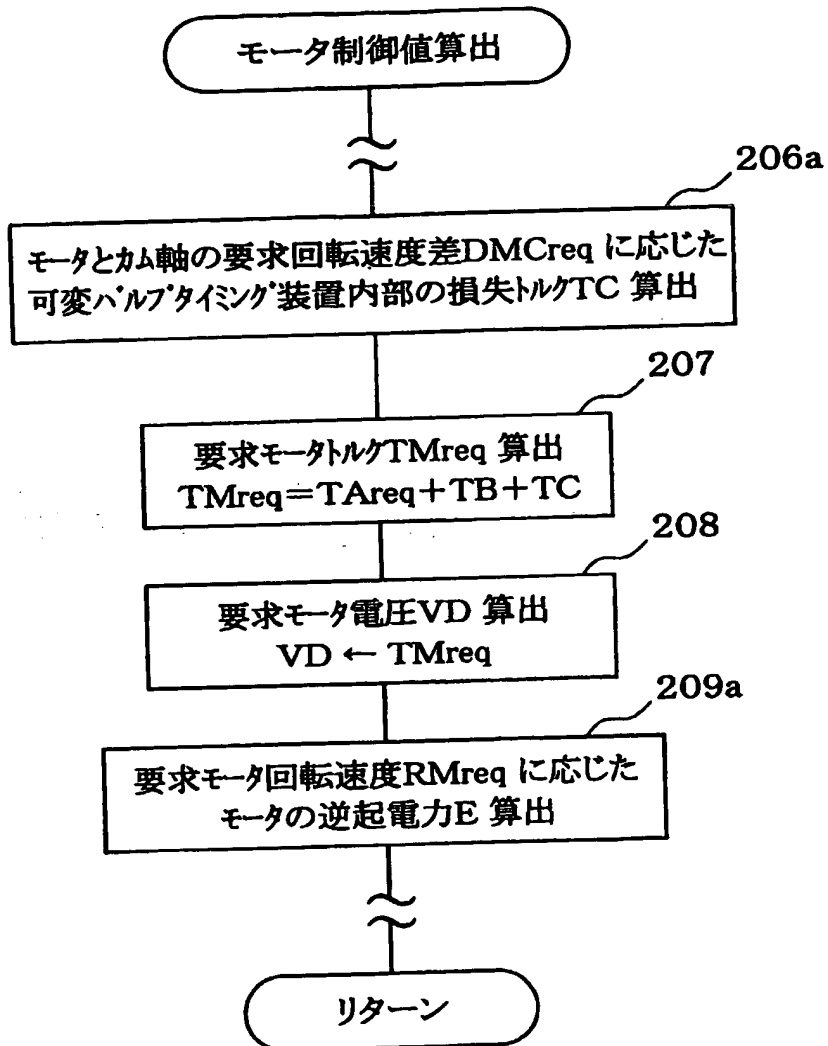


図8



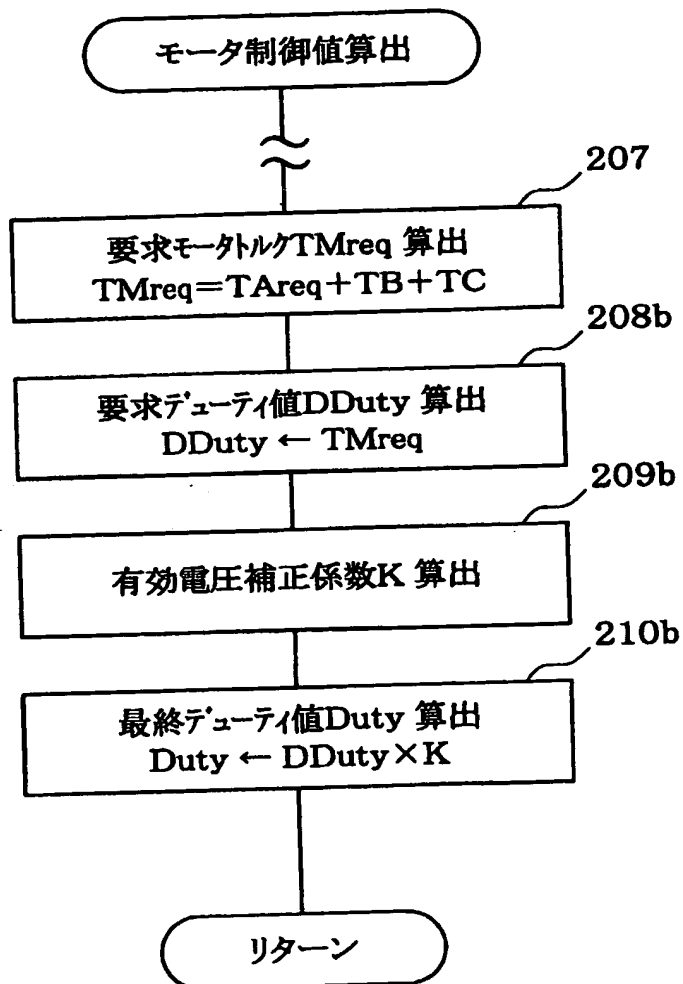
7/46

図9



8/46

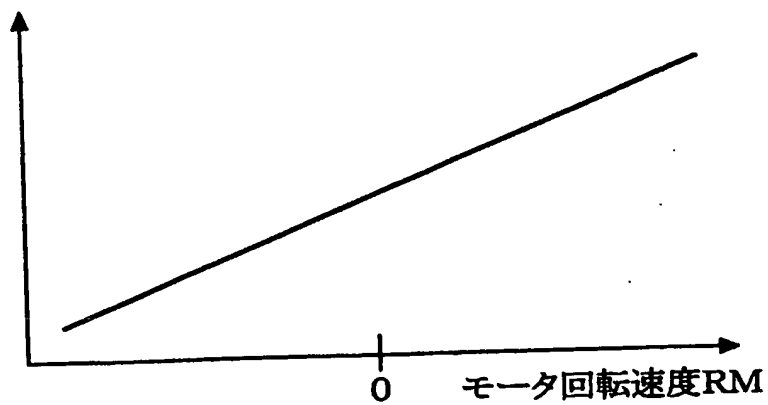
図10



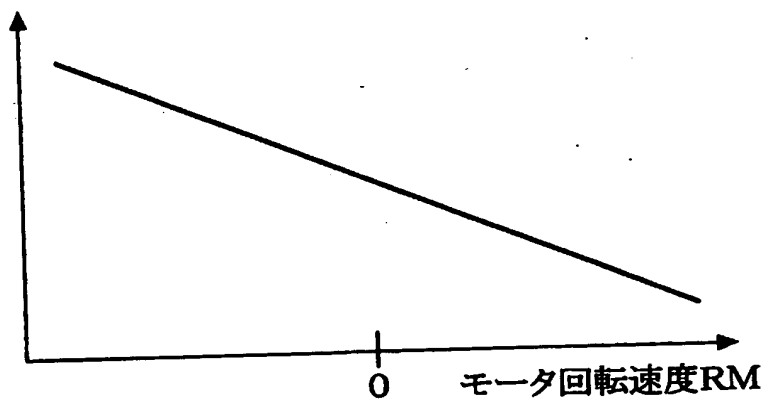
9/46

図11

(a) モータ増速時  
の有効電圧  
補正係数 $K$

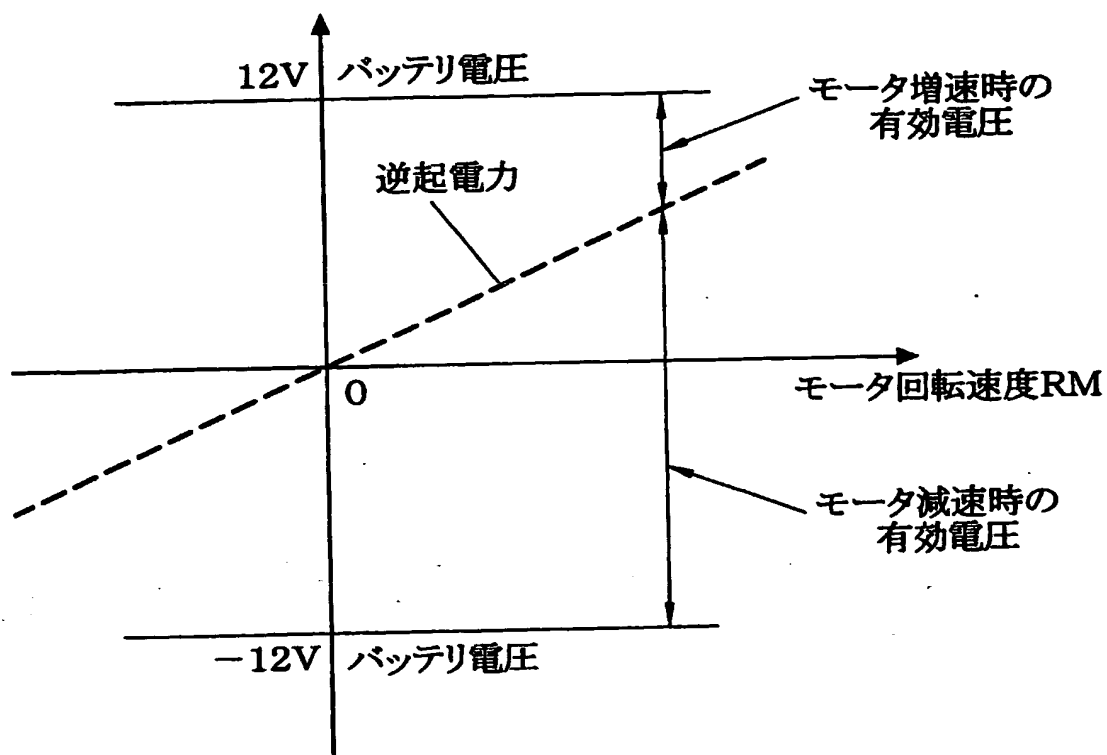


(b) モータ減速時  
の有効電圧  
補正係数 $K$



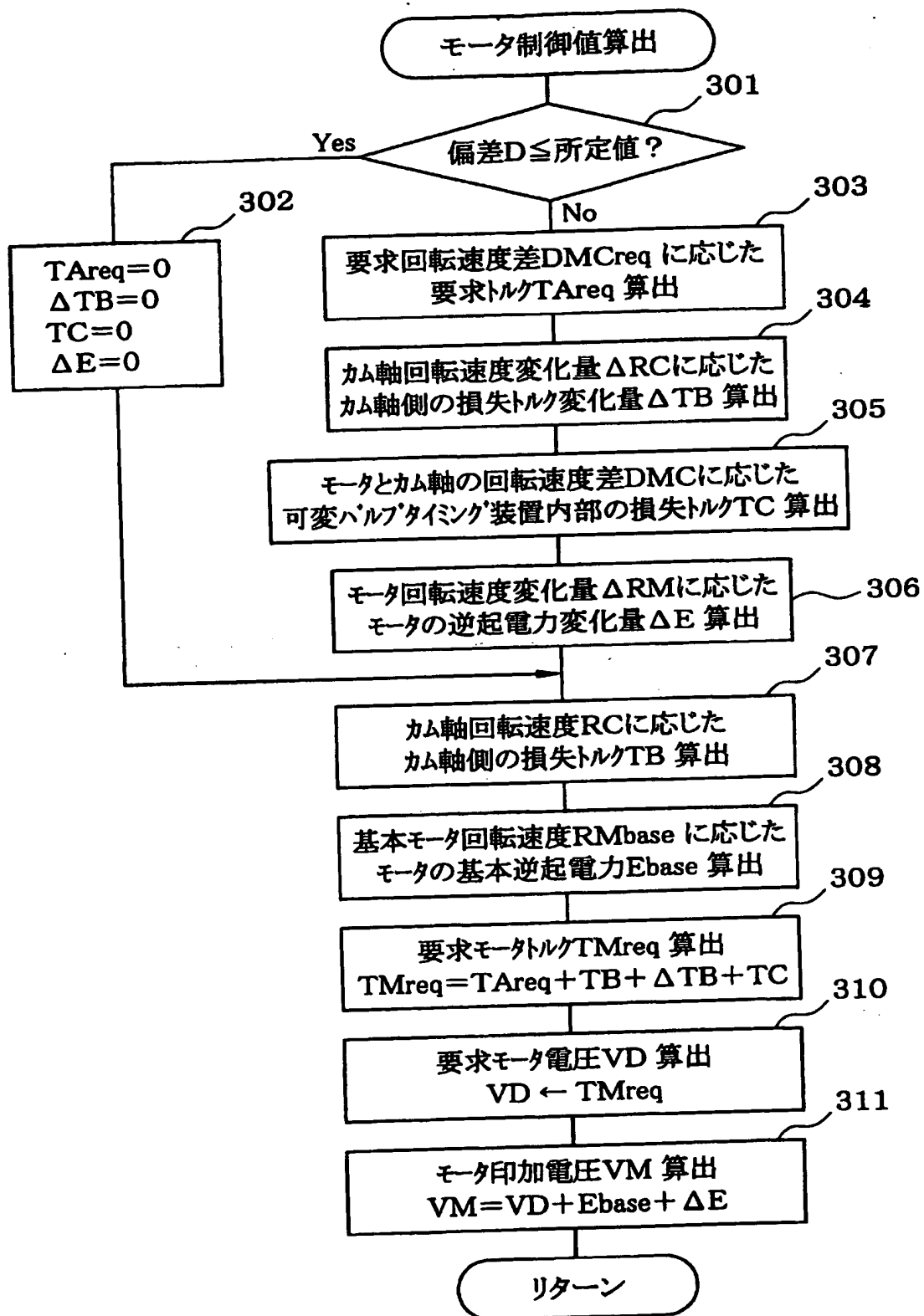
10/46

図12



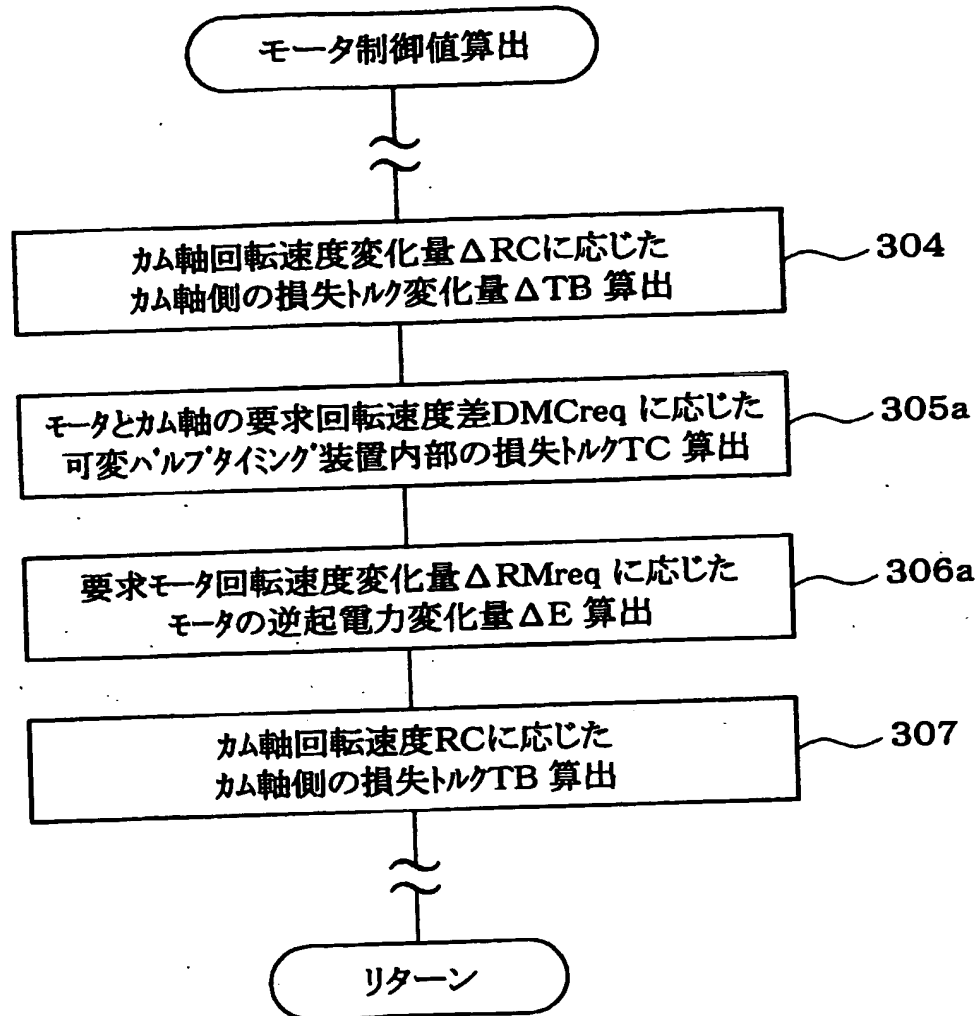
11/46

図13



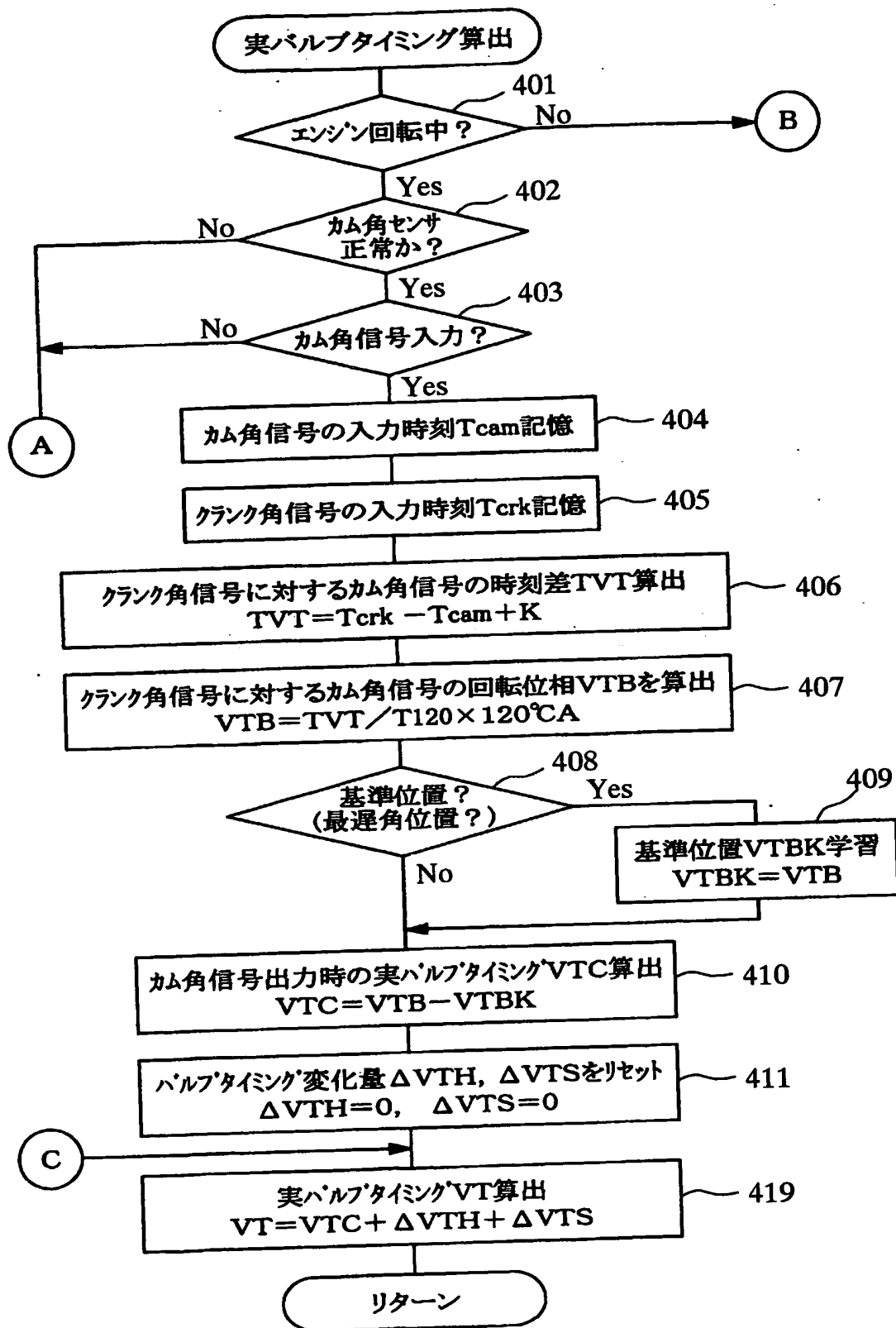
12/46

図14



13/46

図15





14/46

図16

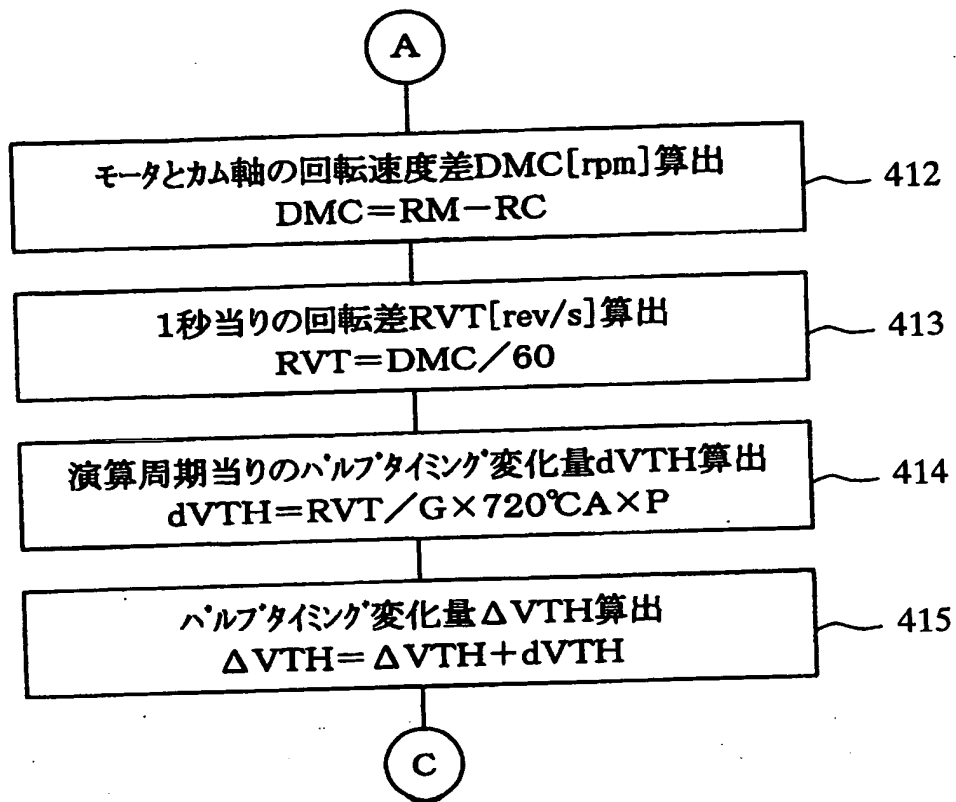
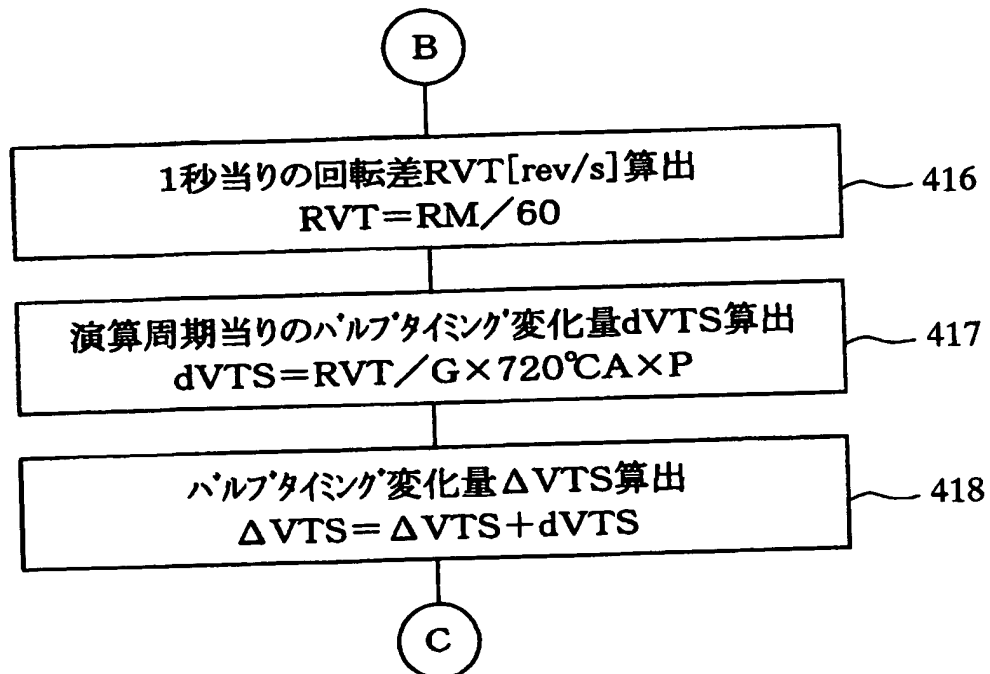
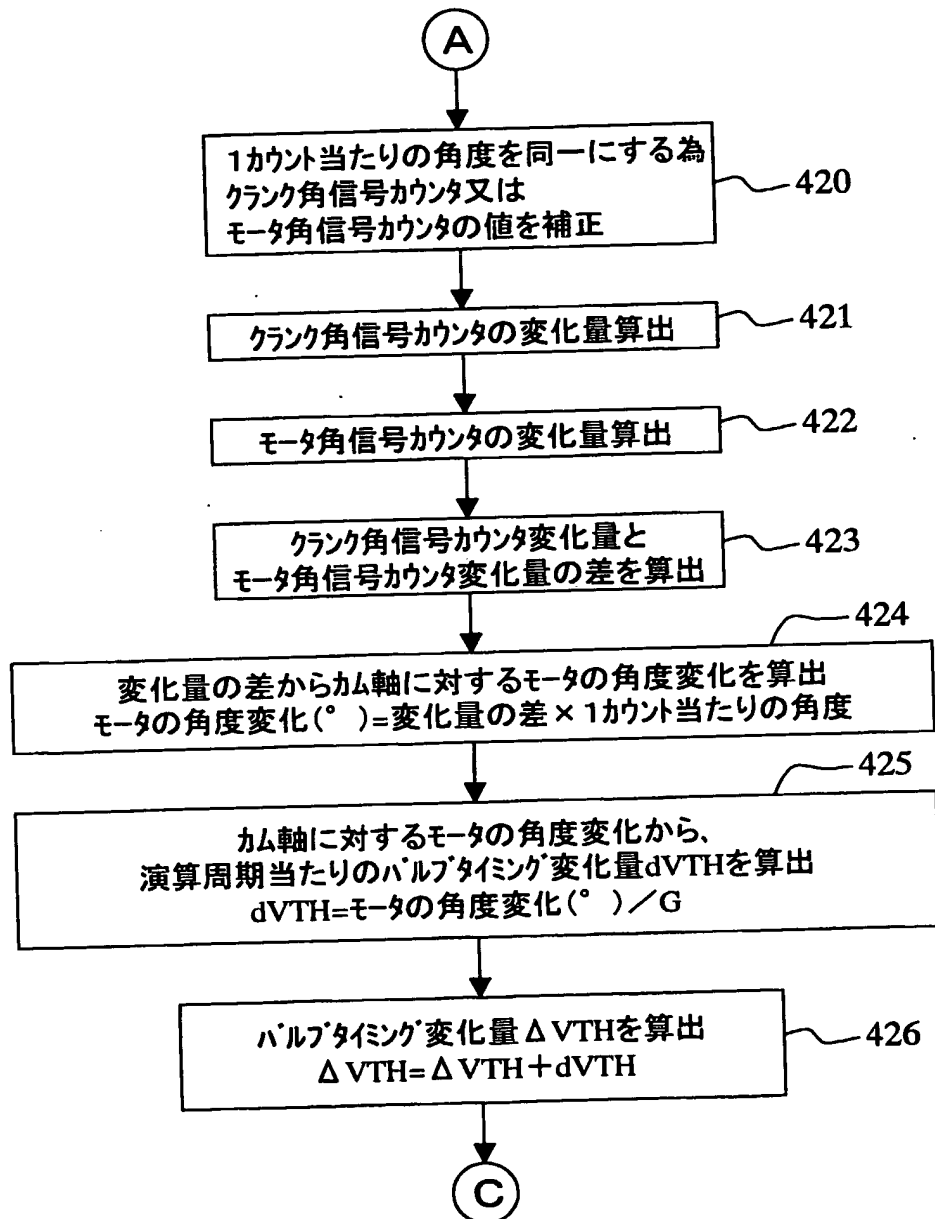


図17



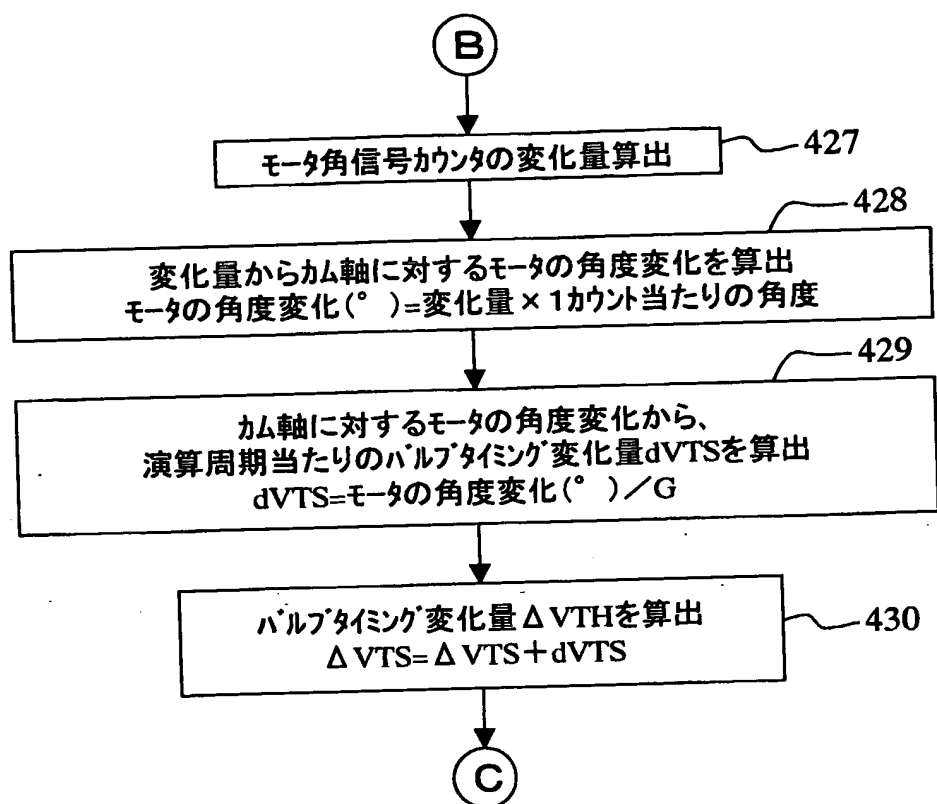
15/46

図18



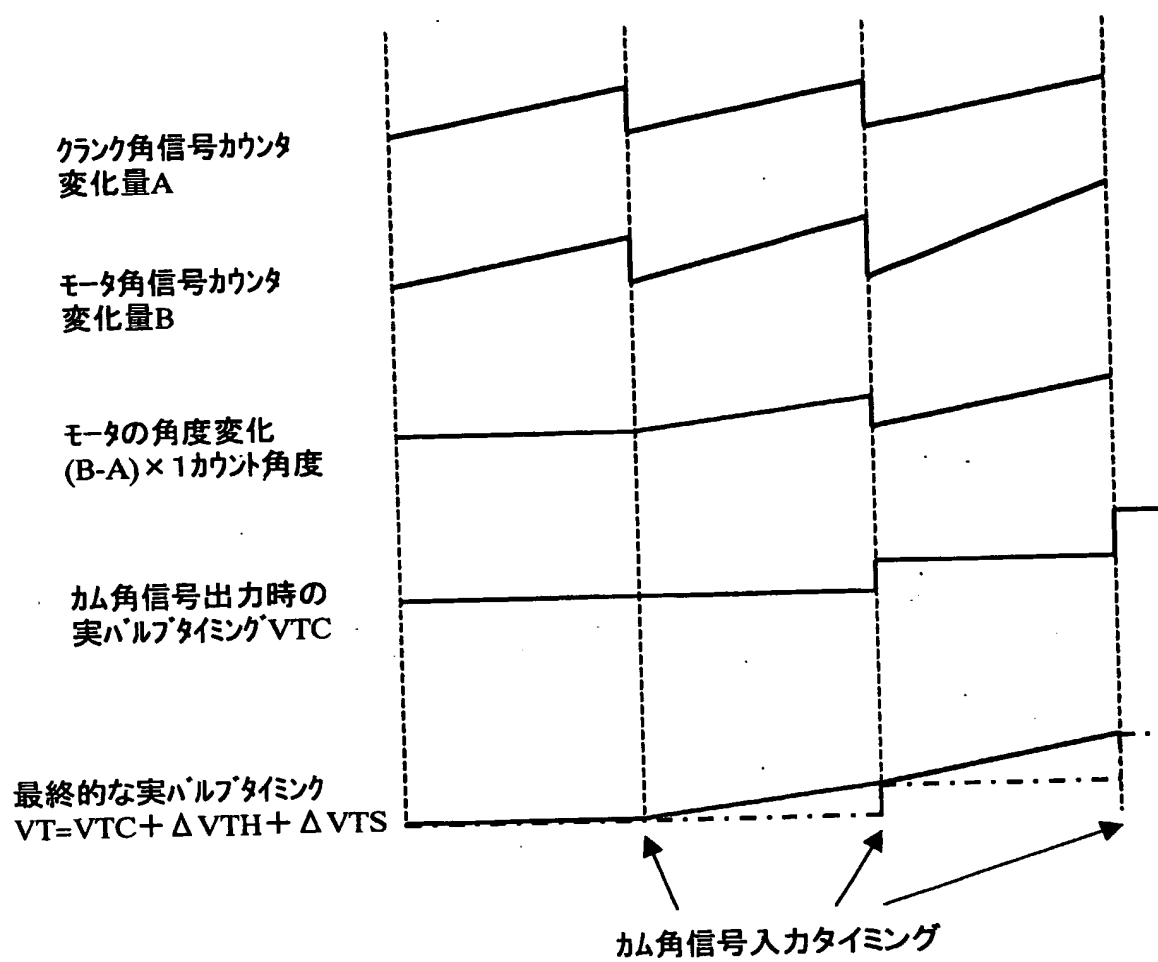
16/46

図19



17/46

図20



18/46

図 21

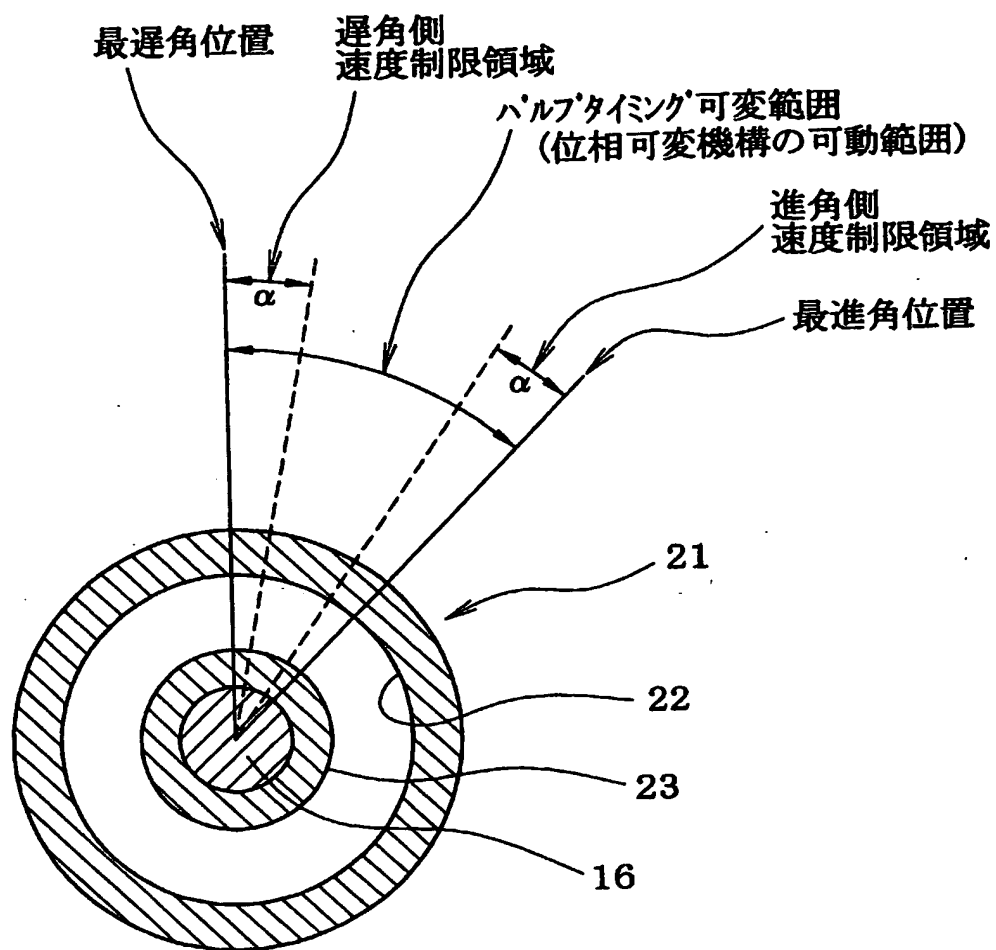


図22

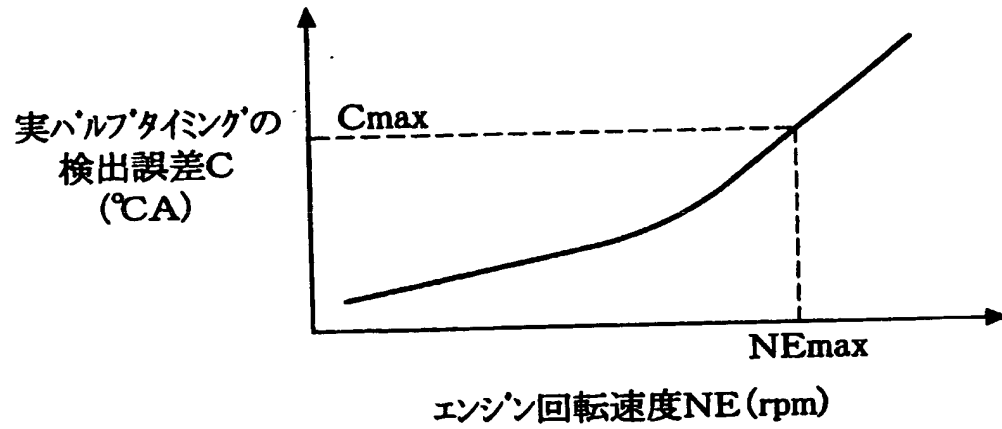


図23

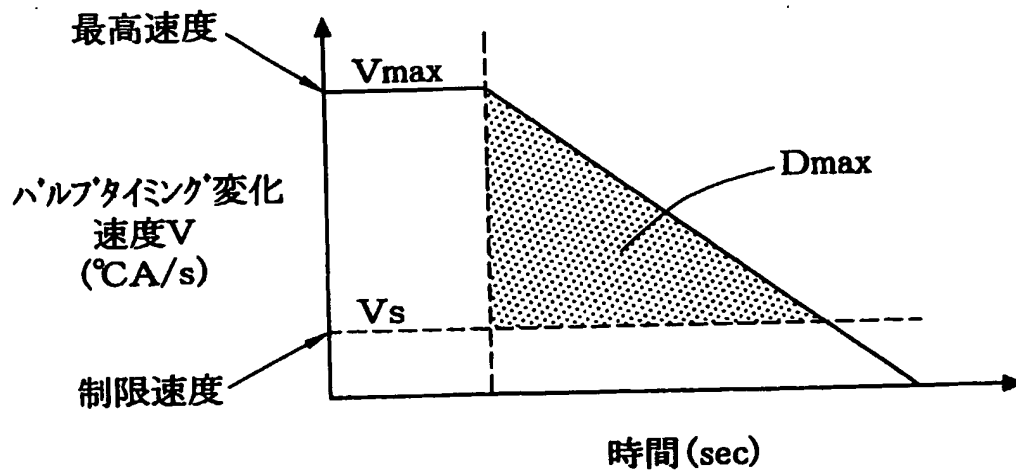
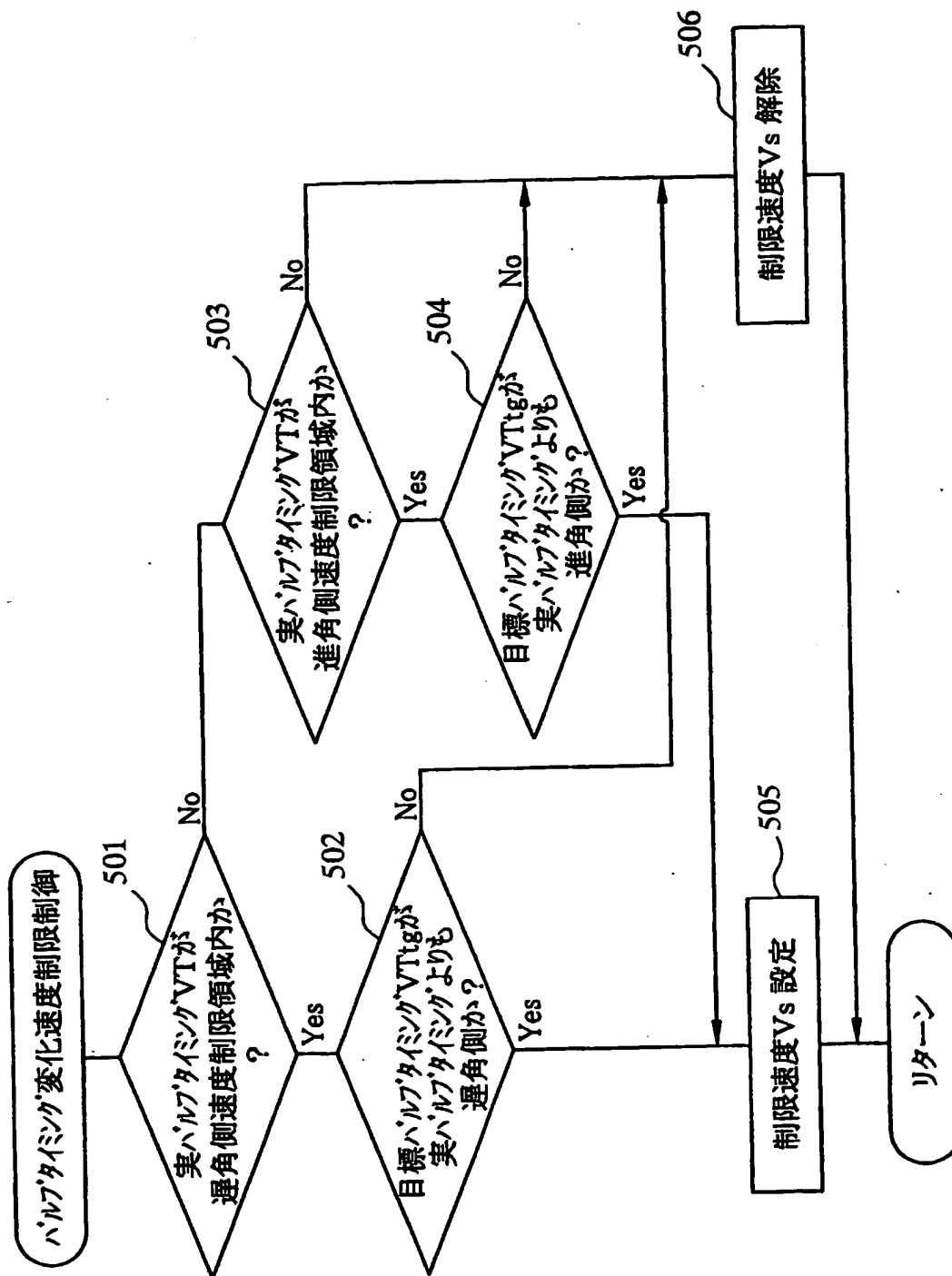
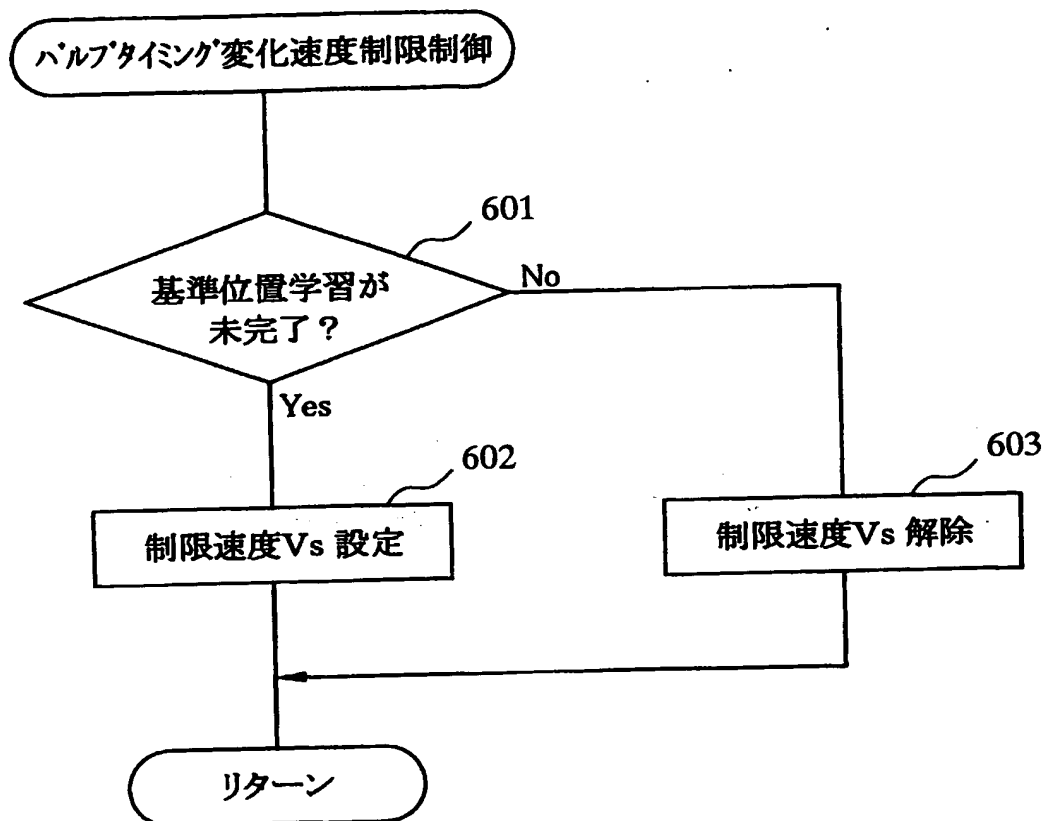


図24



21/46

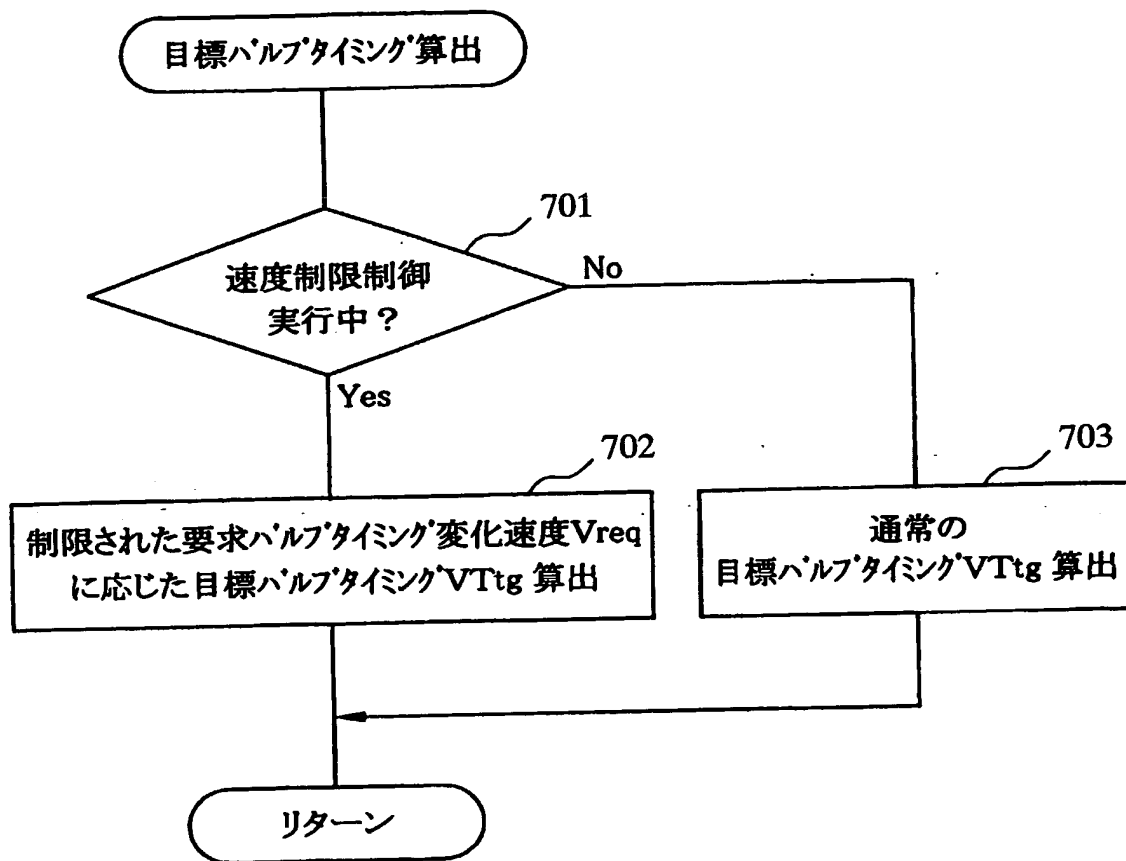
図 25





22/46

図26



23/46

図 27

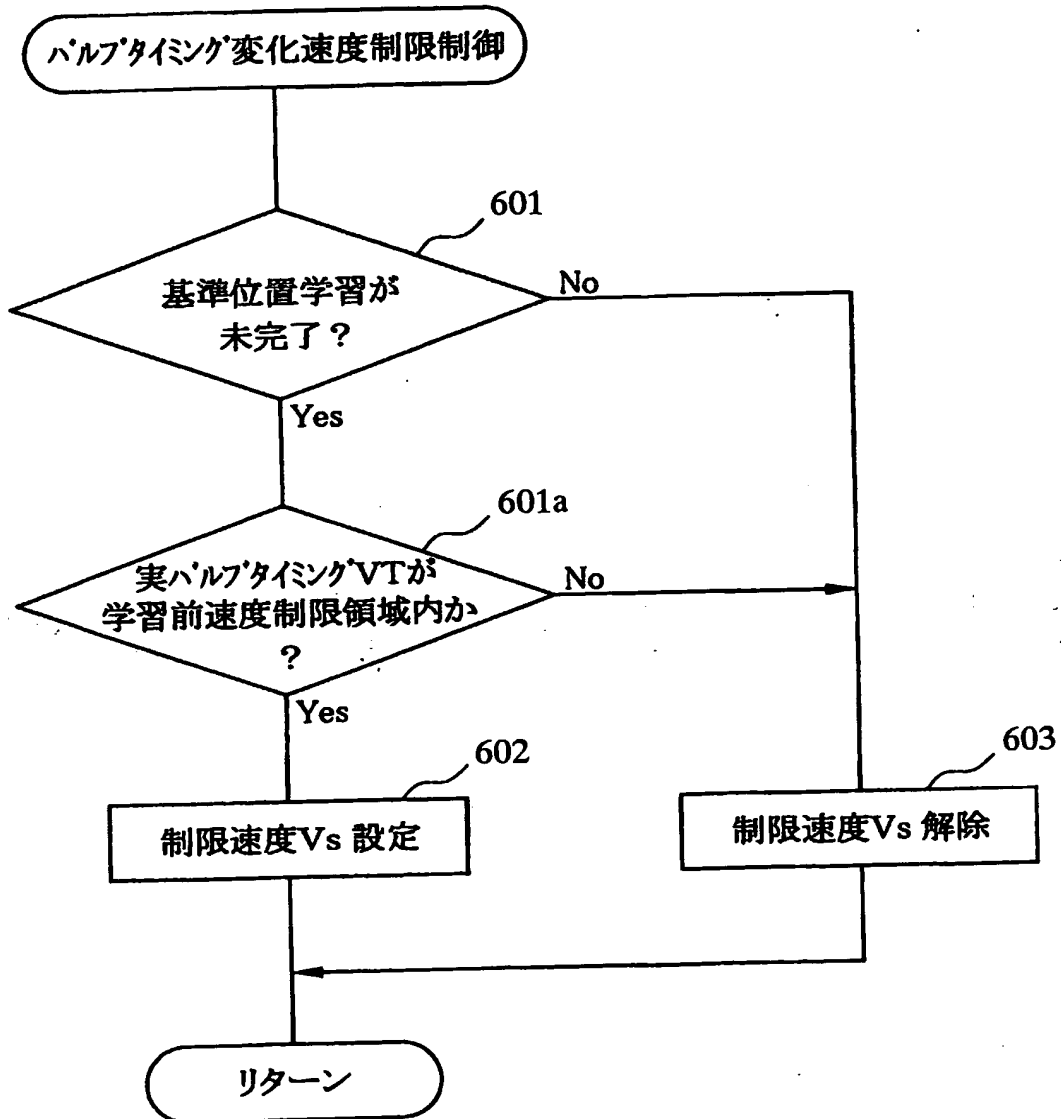
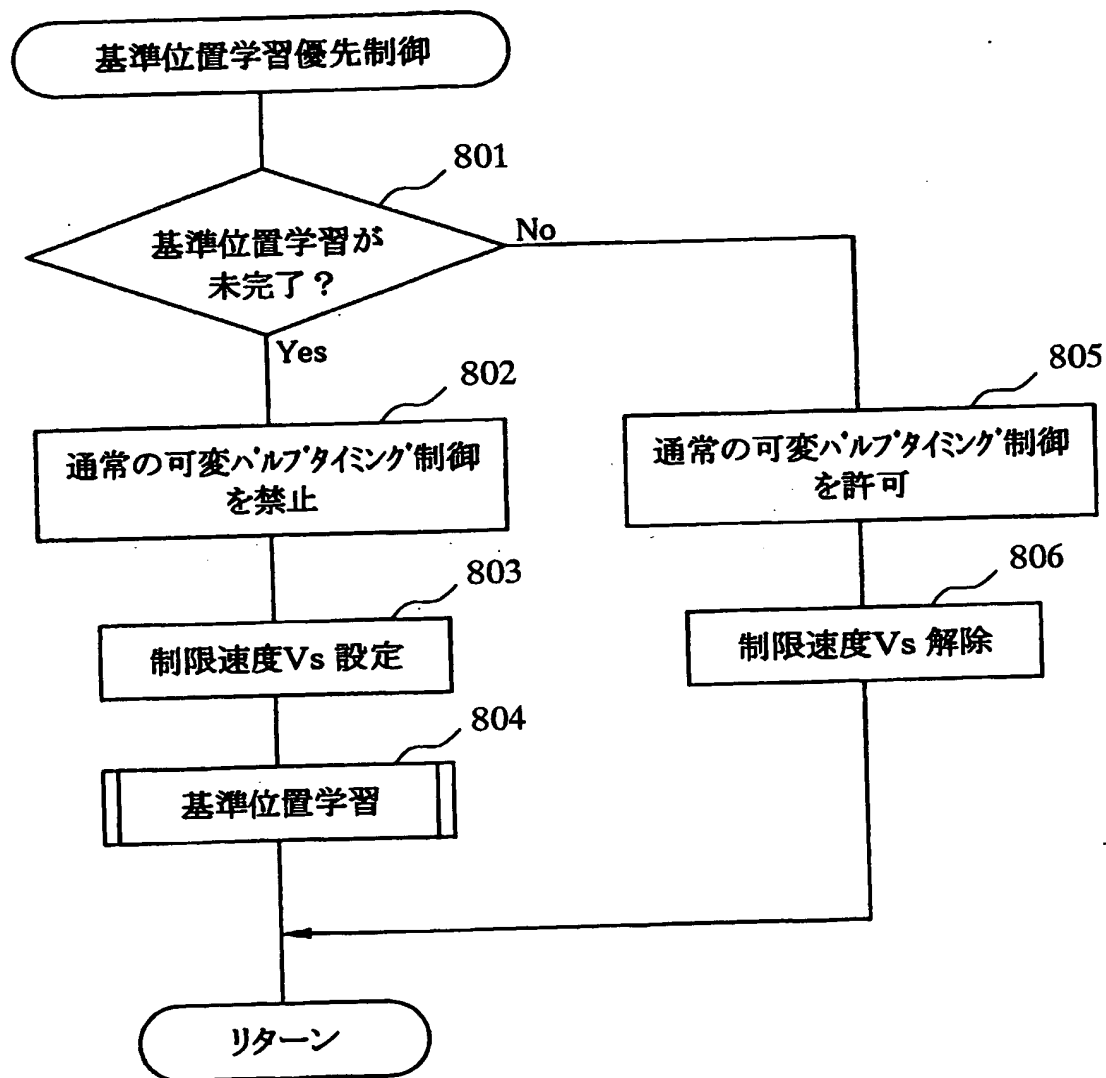
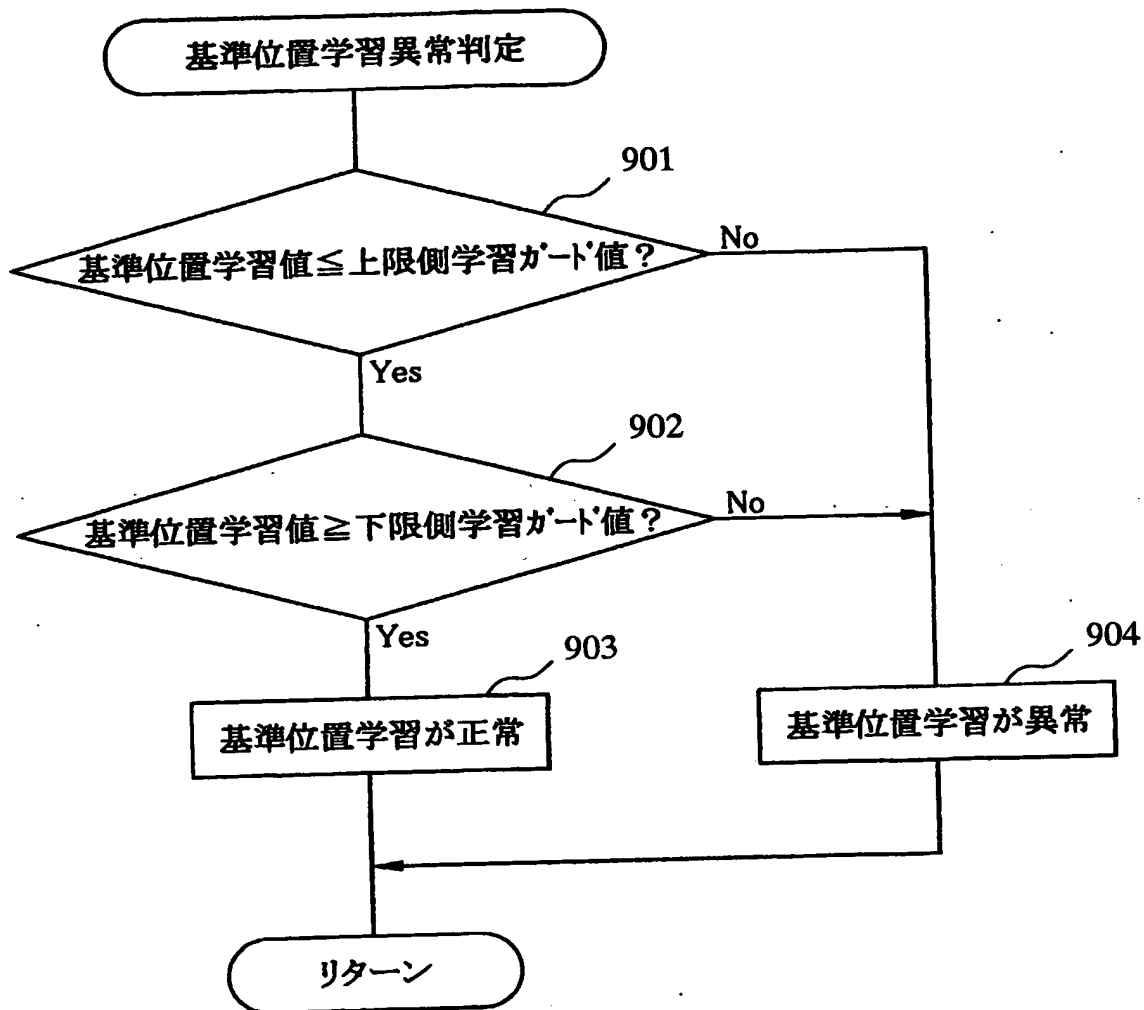


図 28



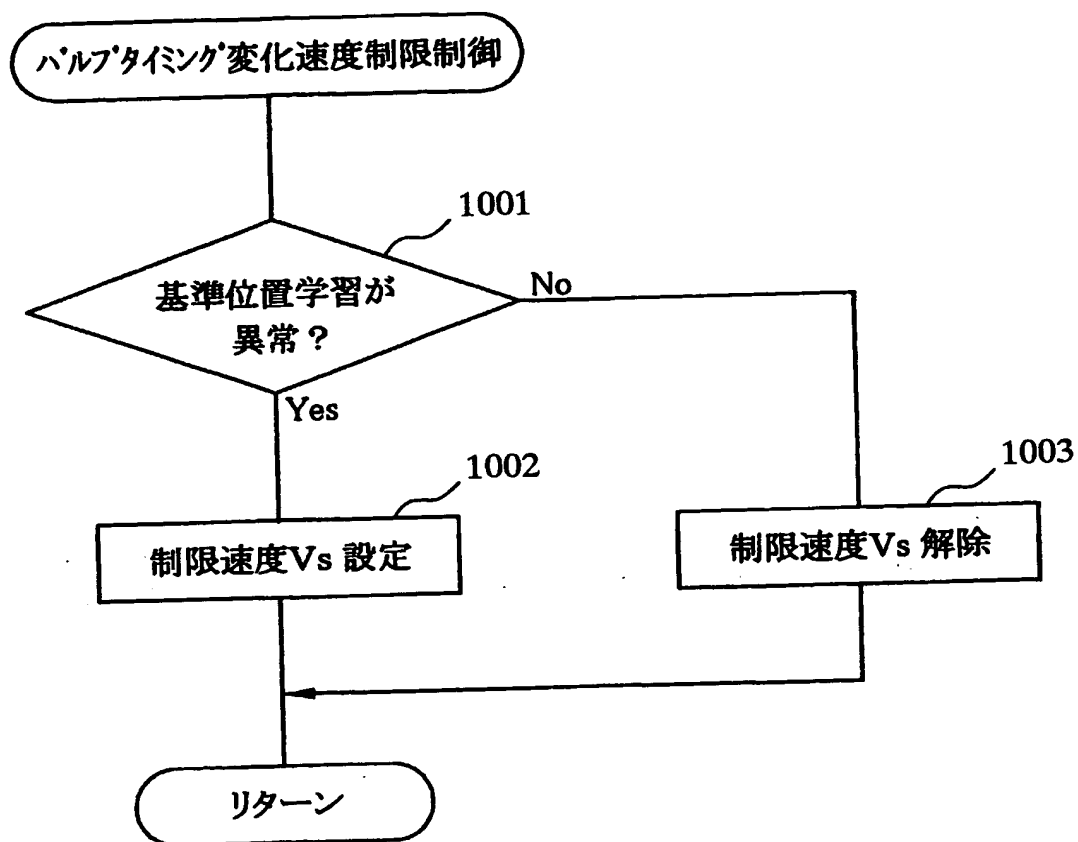
25/46

図29



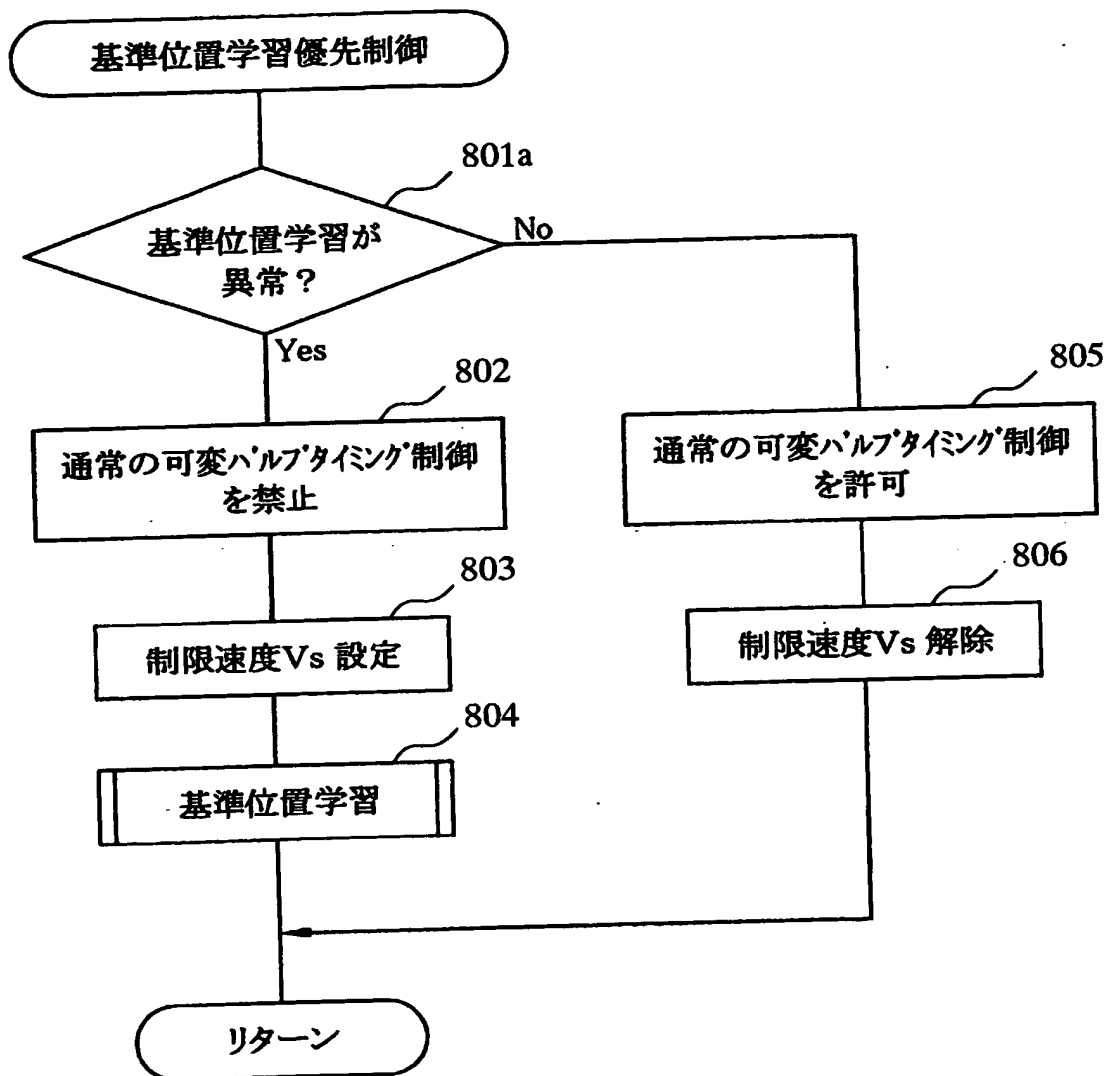
26/46

図30



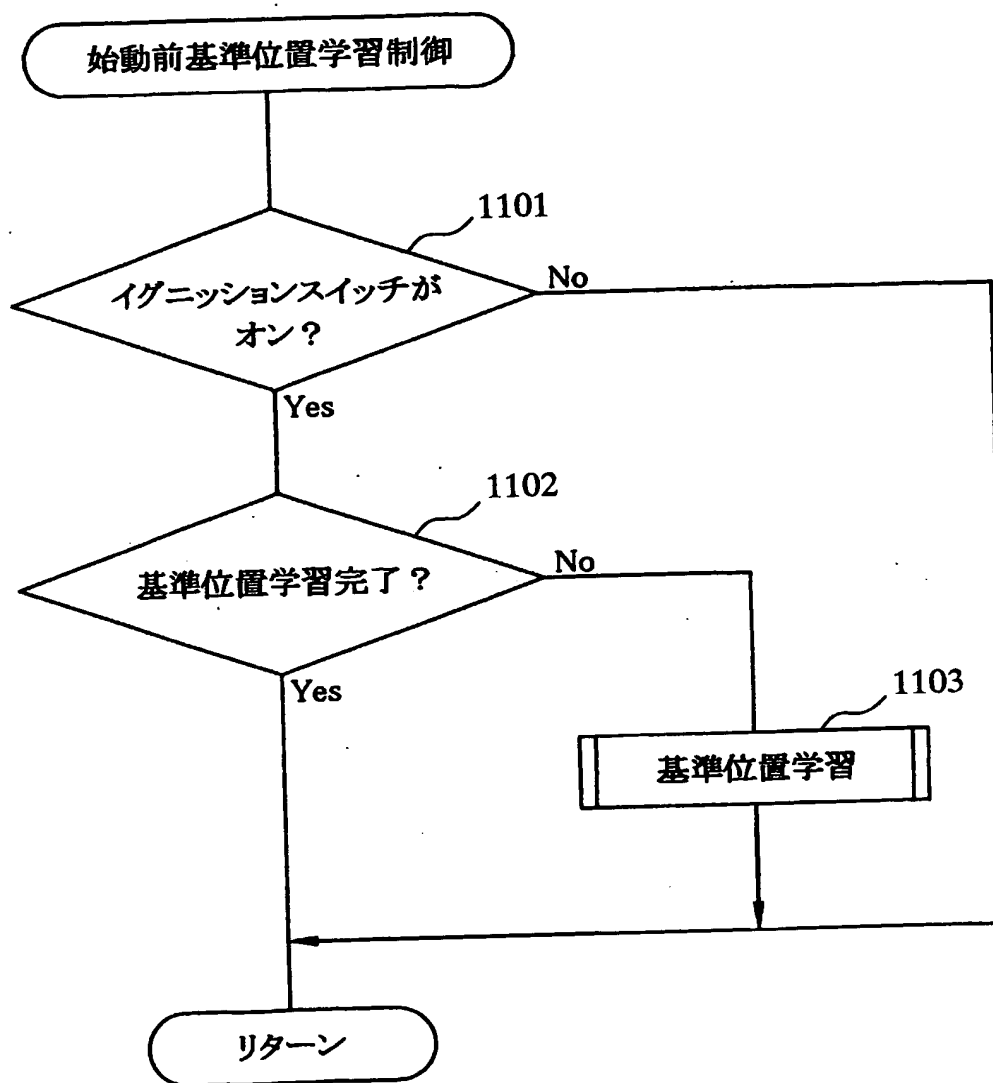
27/46

図 31



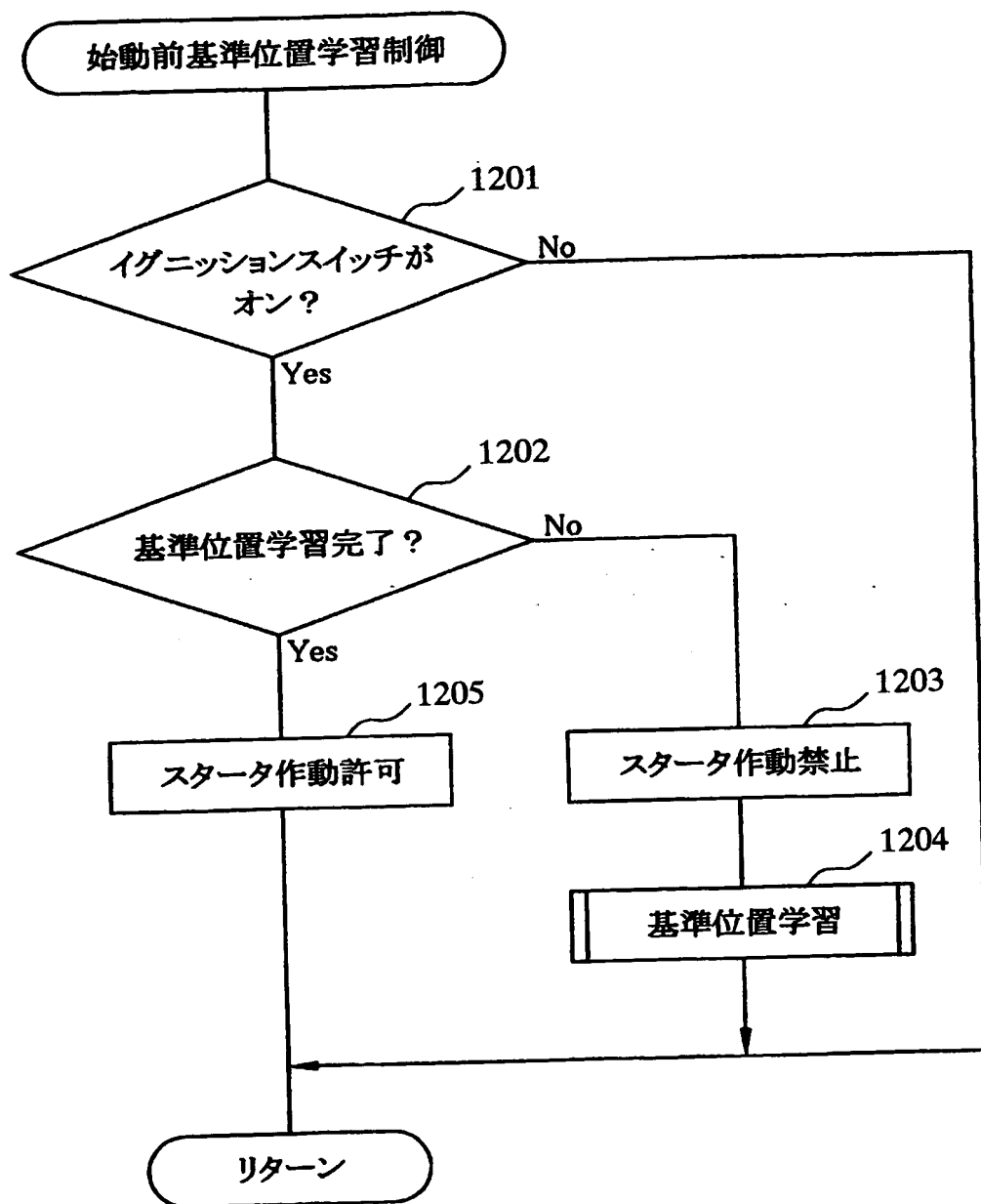
28/46

図32



29/46

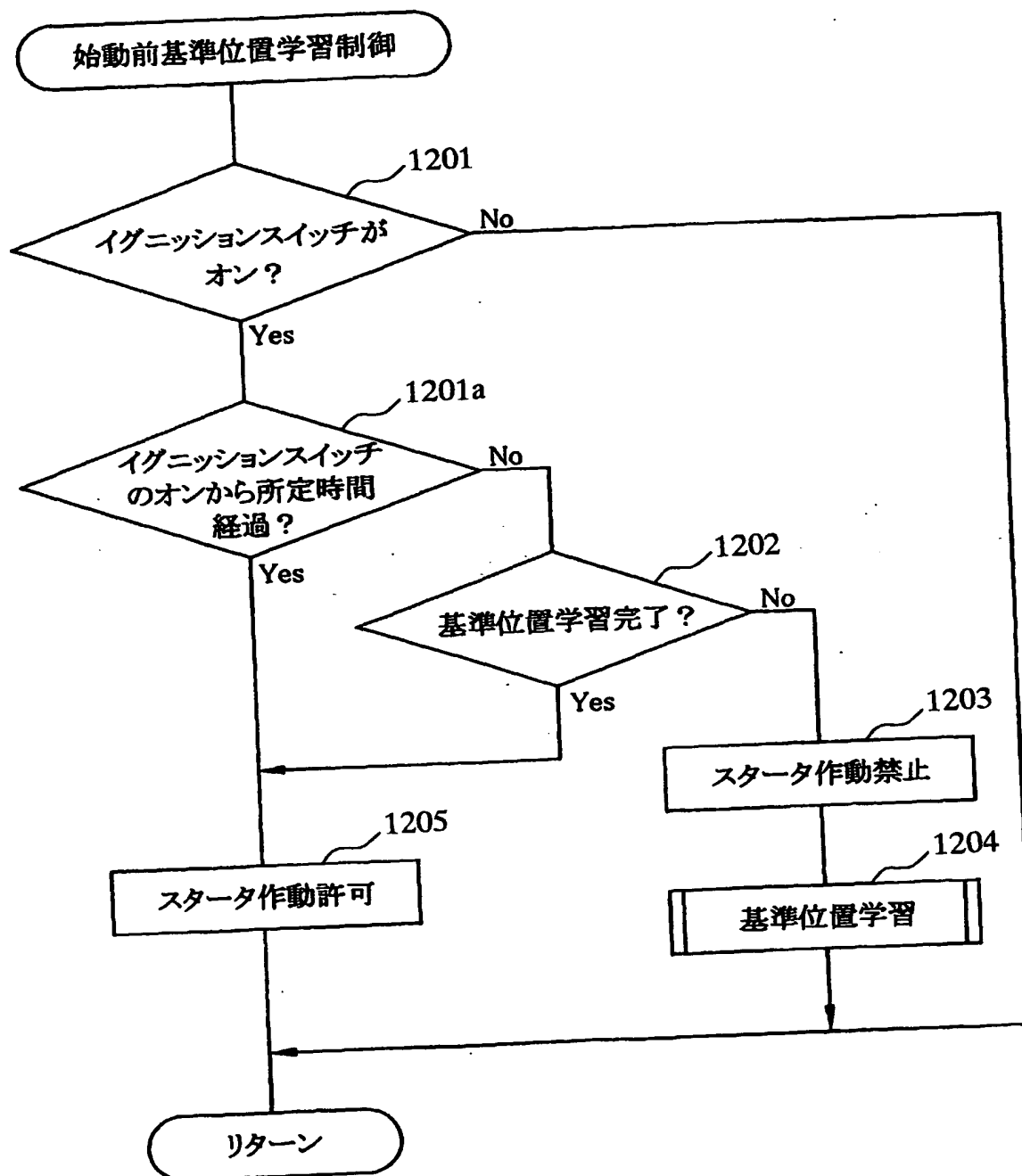
図33





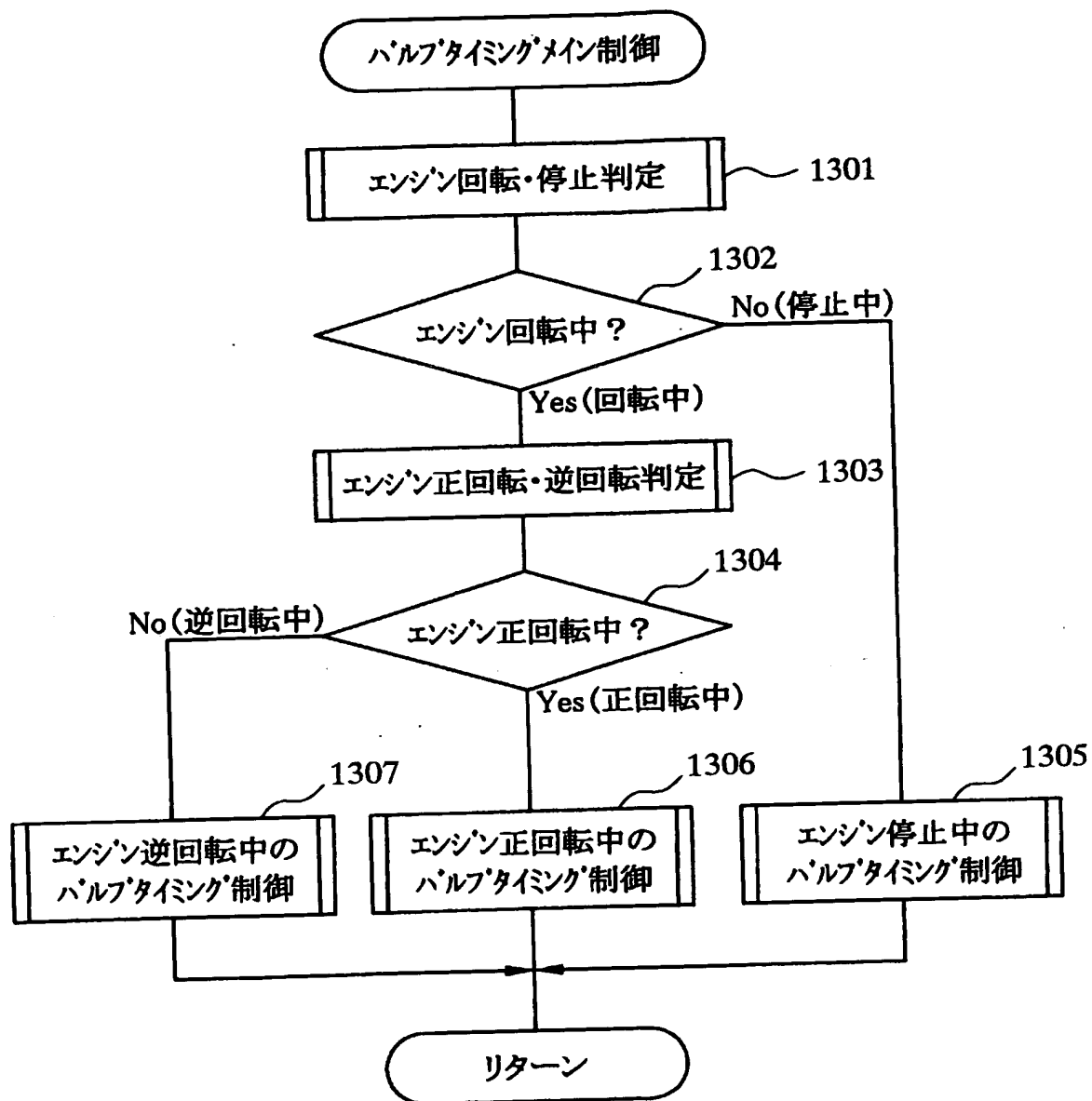
30/46

図34



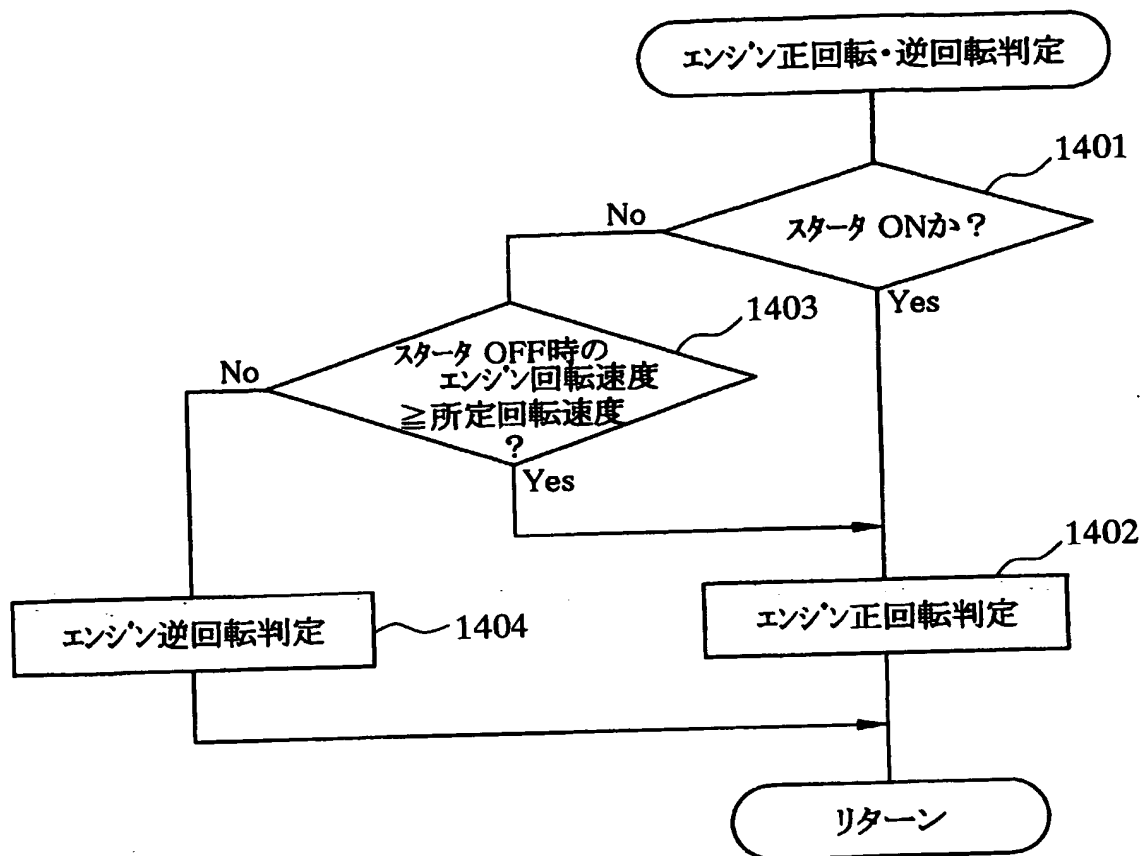
31/46

図 35



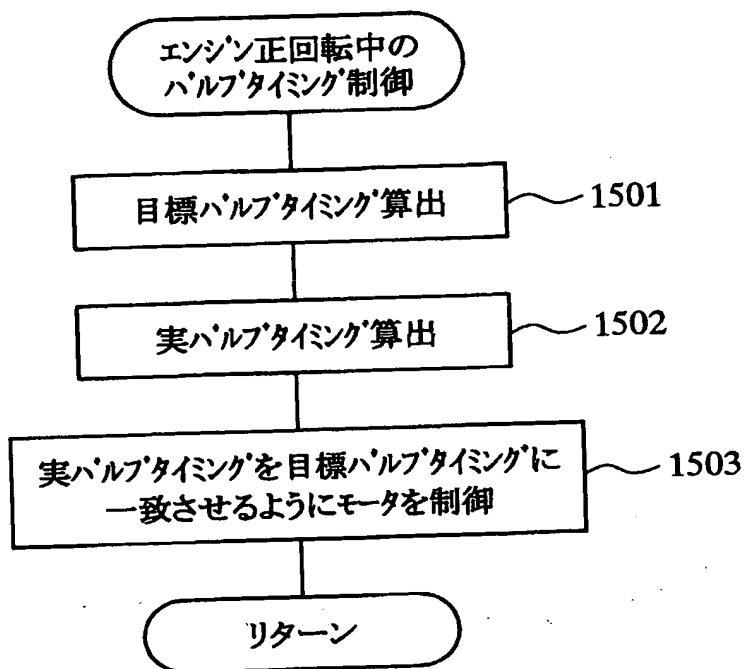
32/46

図36



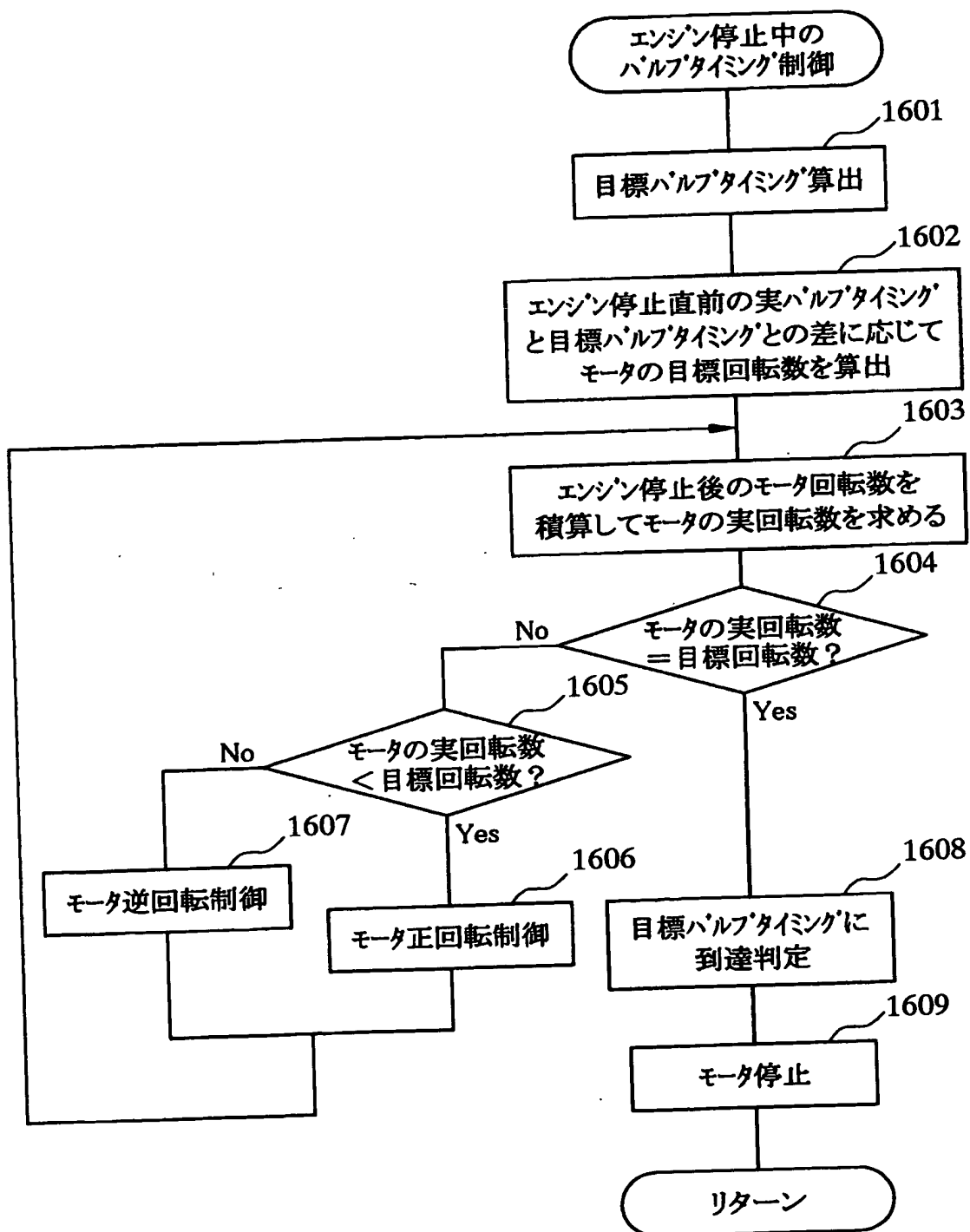
33/46

図 37



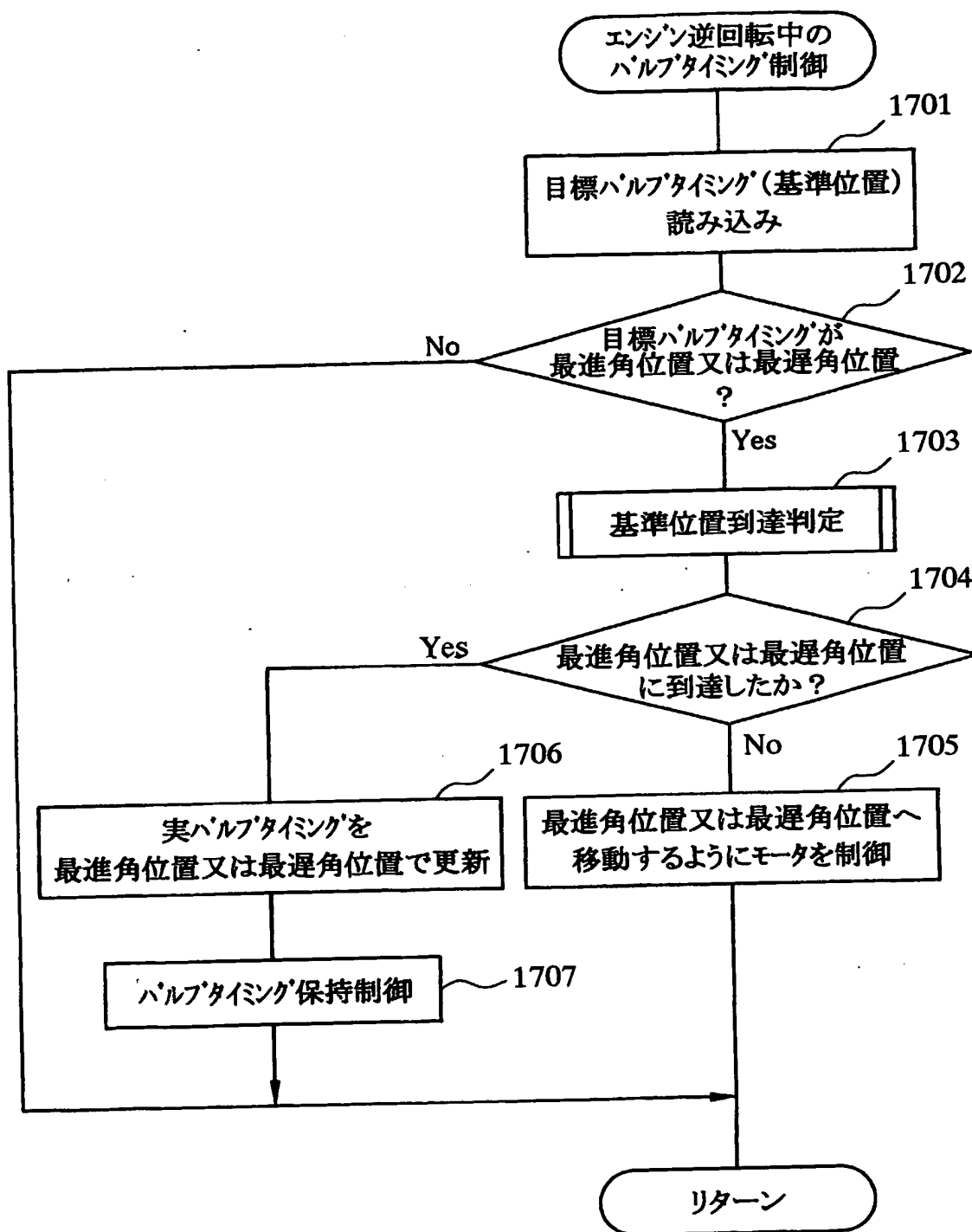
34/46

図38



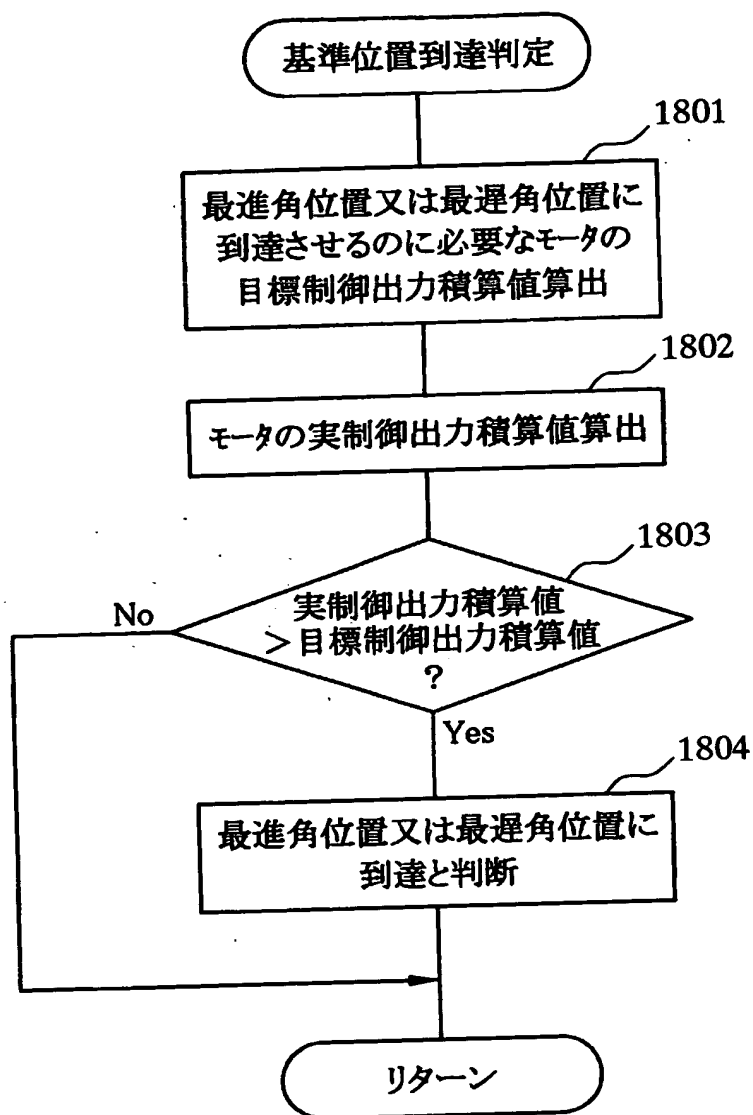
35/46

図 39



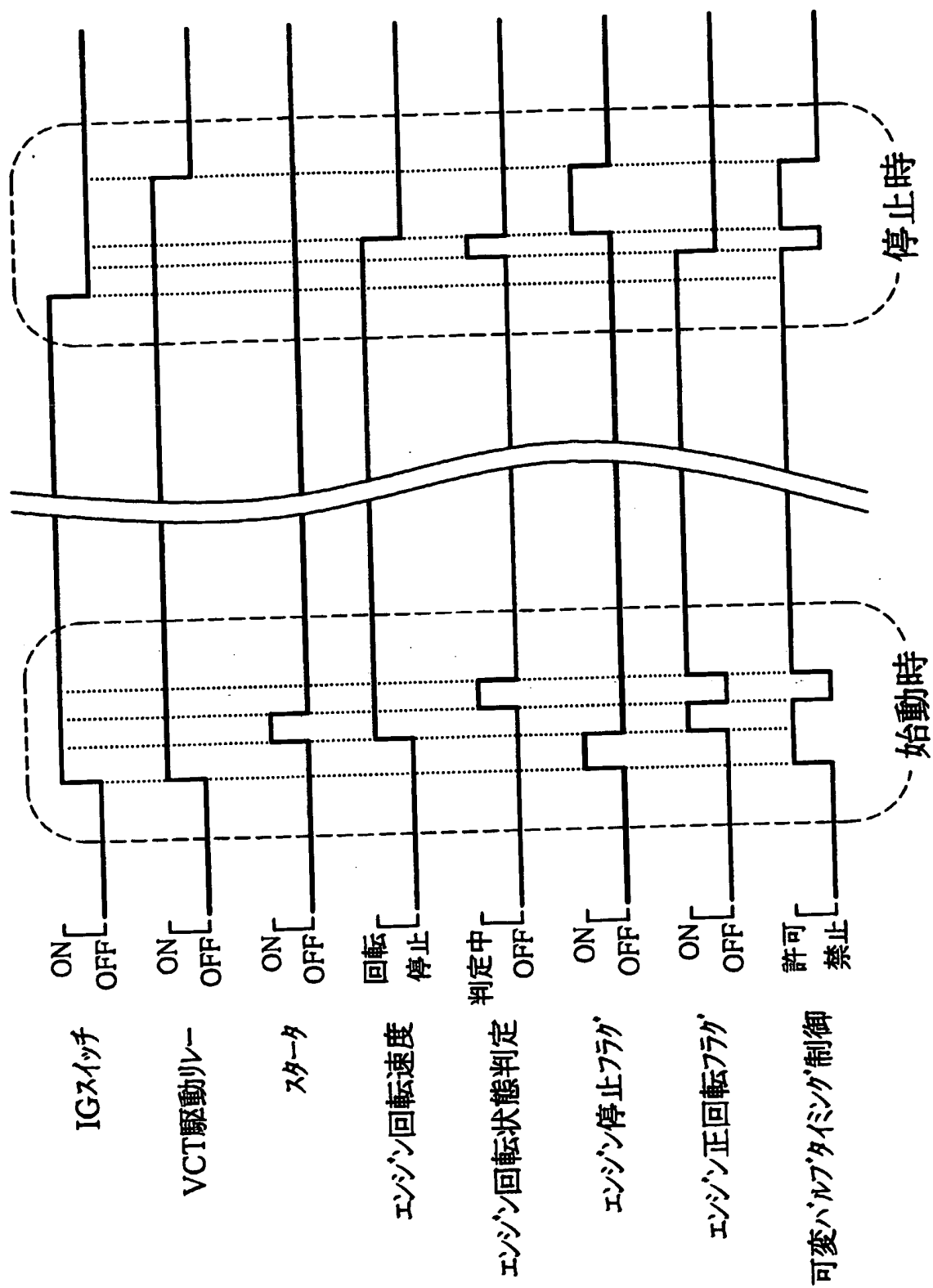
36/46

図40



37/46

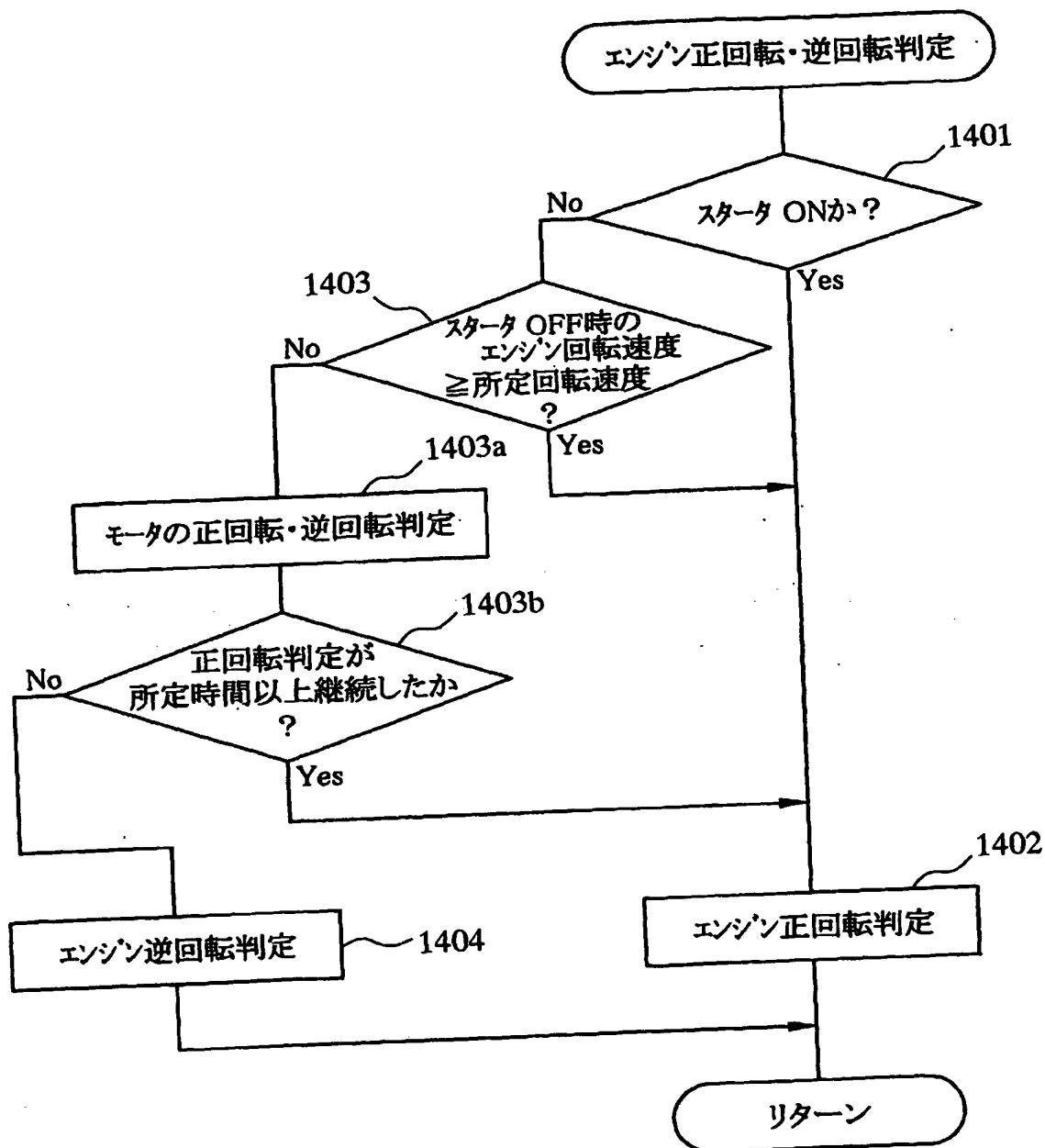
図41





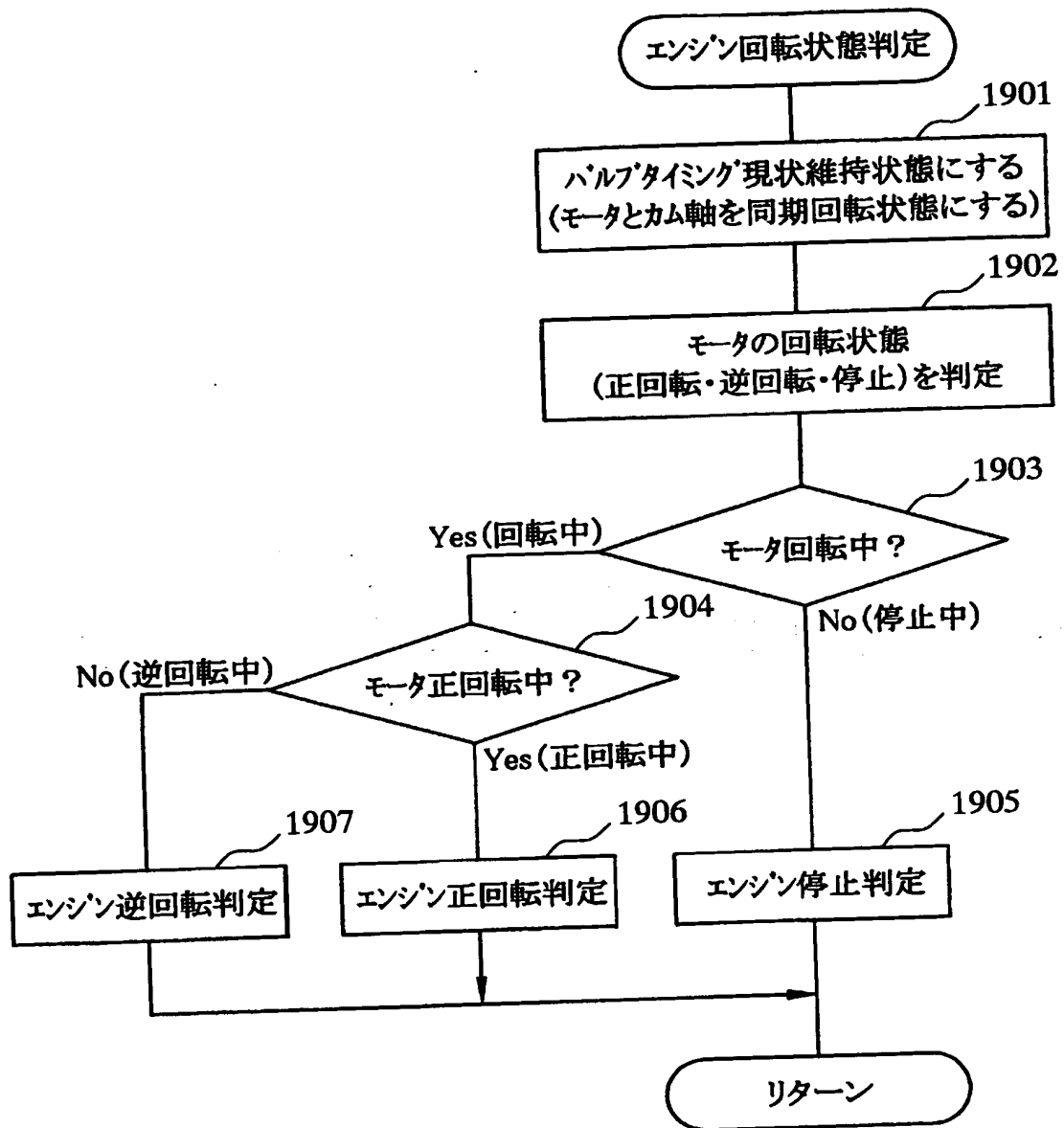
38/46

図 42



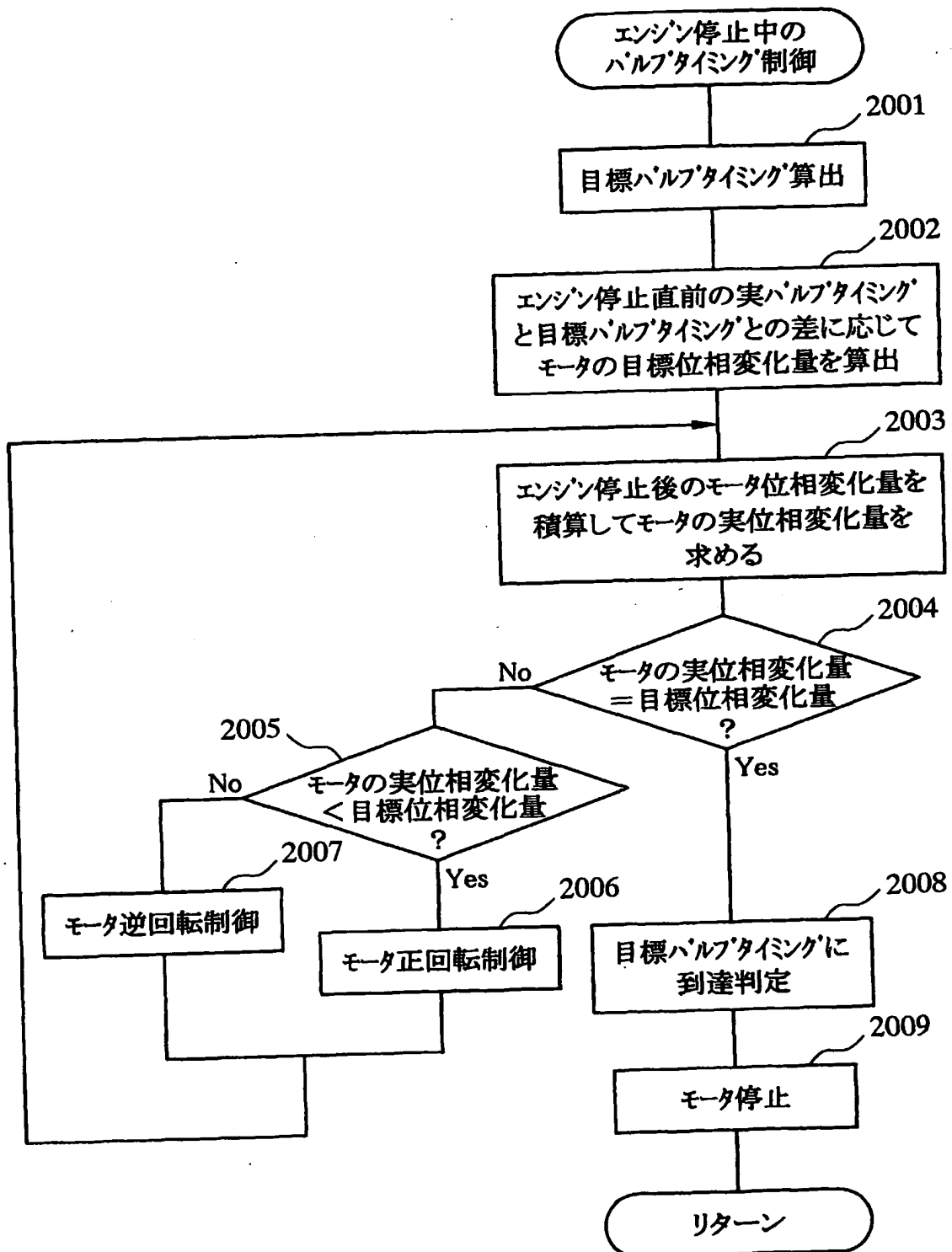
39/46

図43



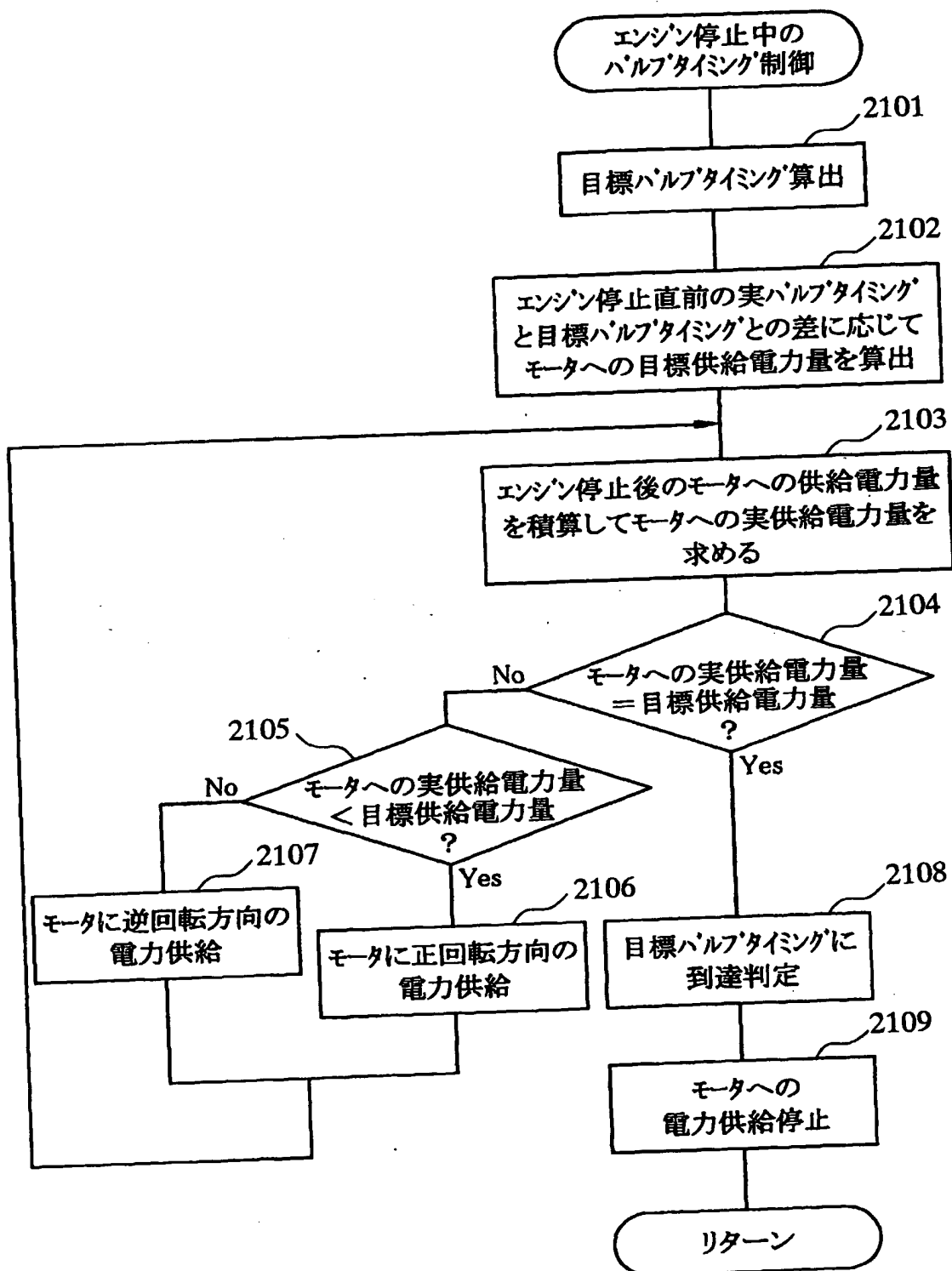
40/46

図44



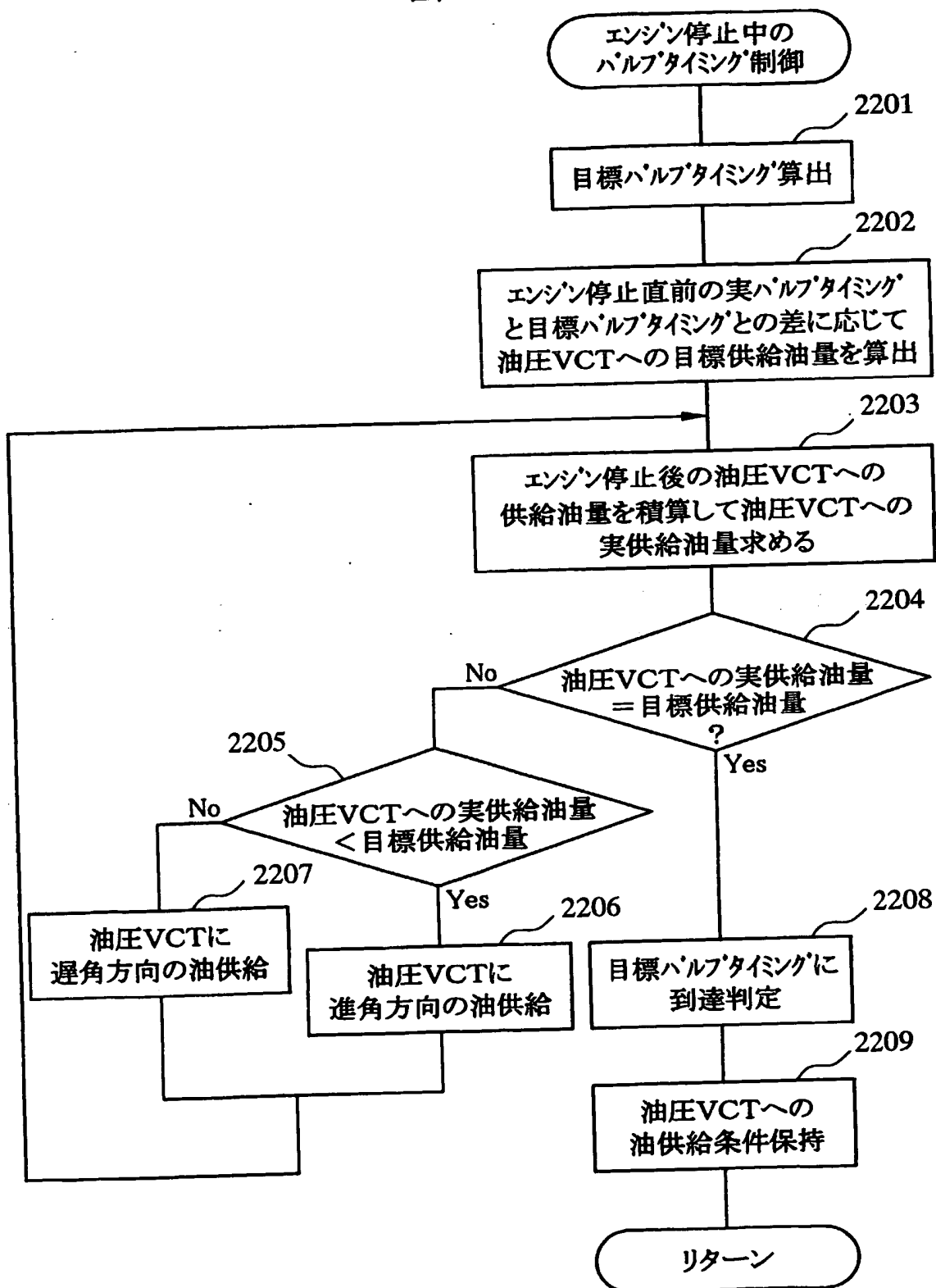
41/46

図45



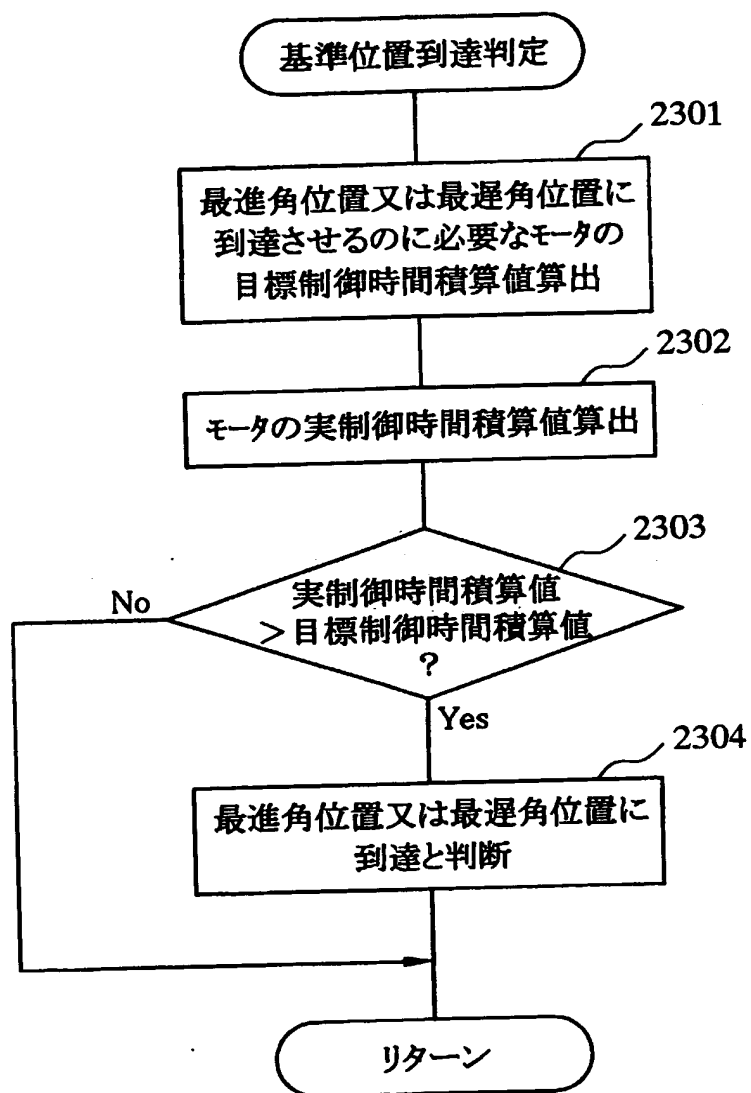
42/46

図 46



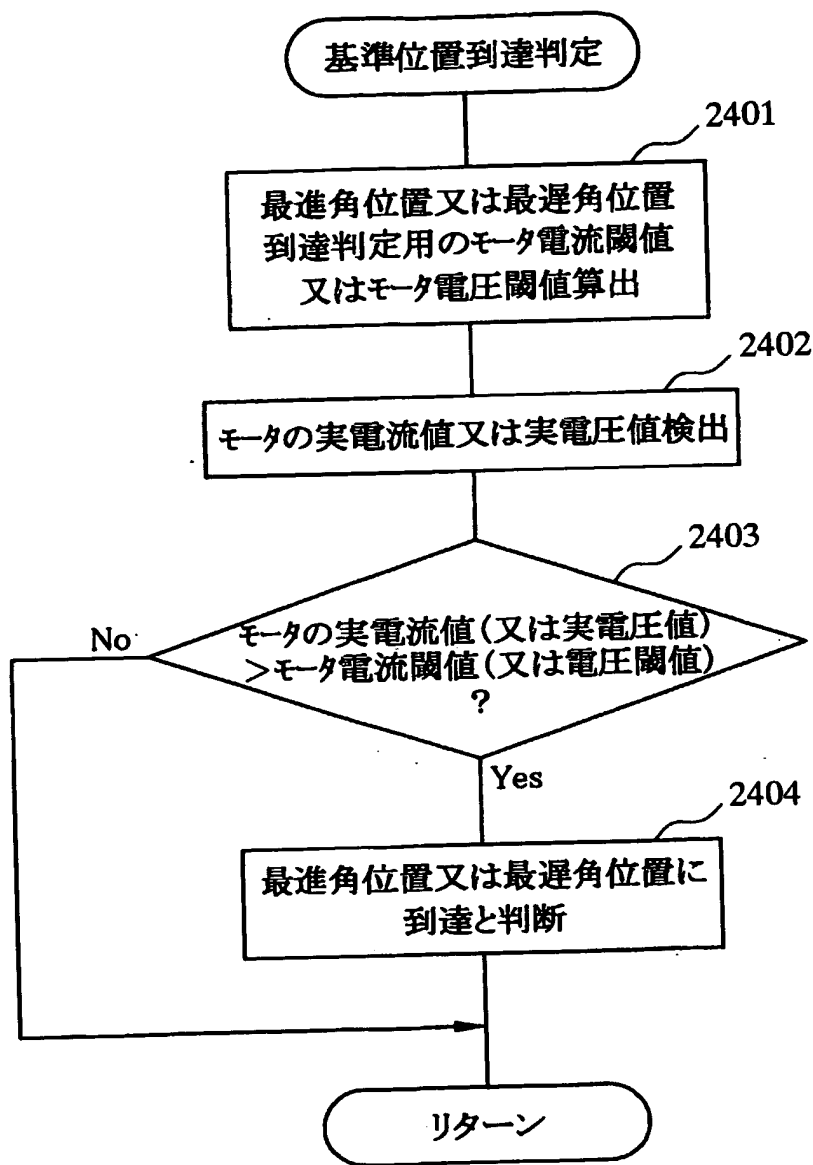
43/46

図47



44/46

図48



45/46

図 49

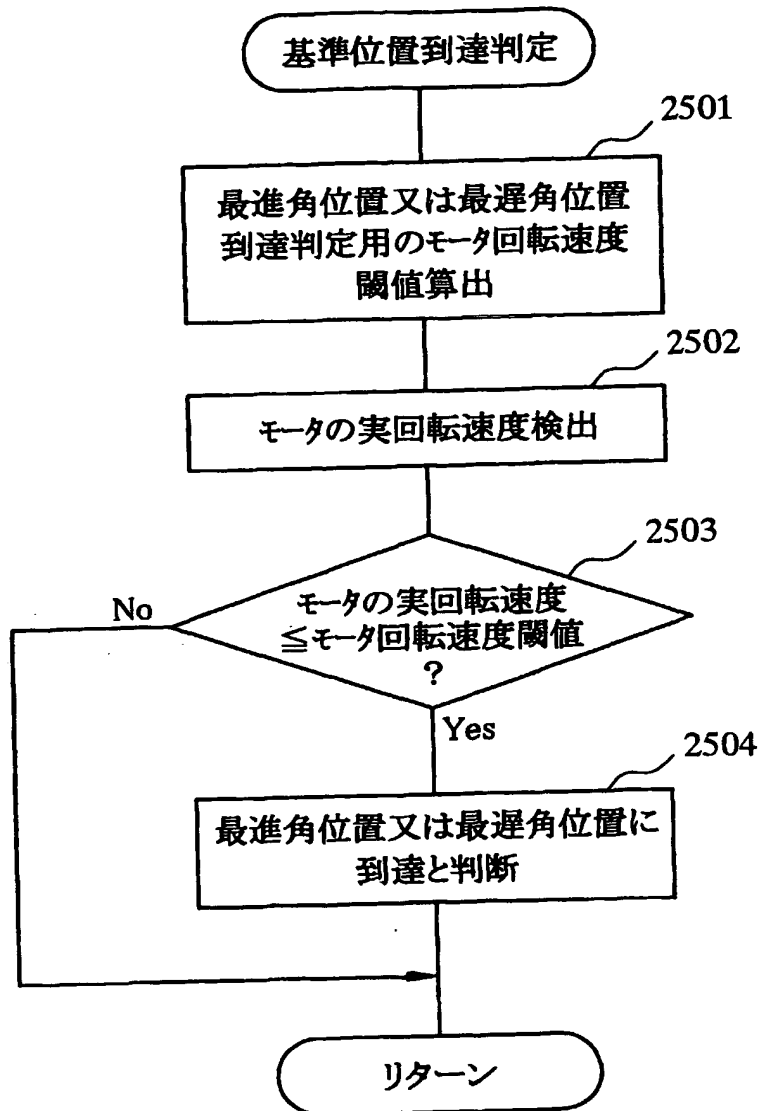
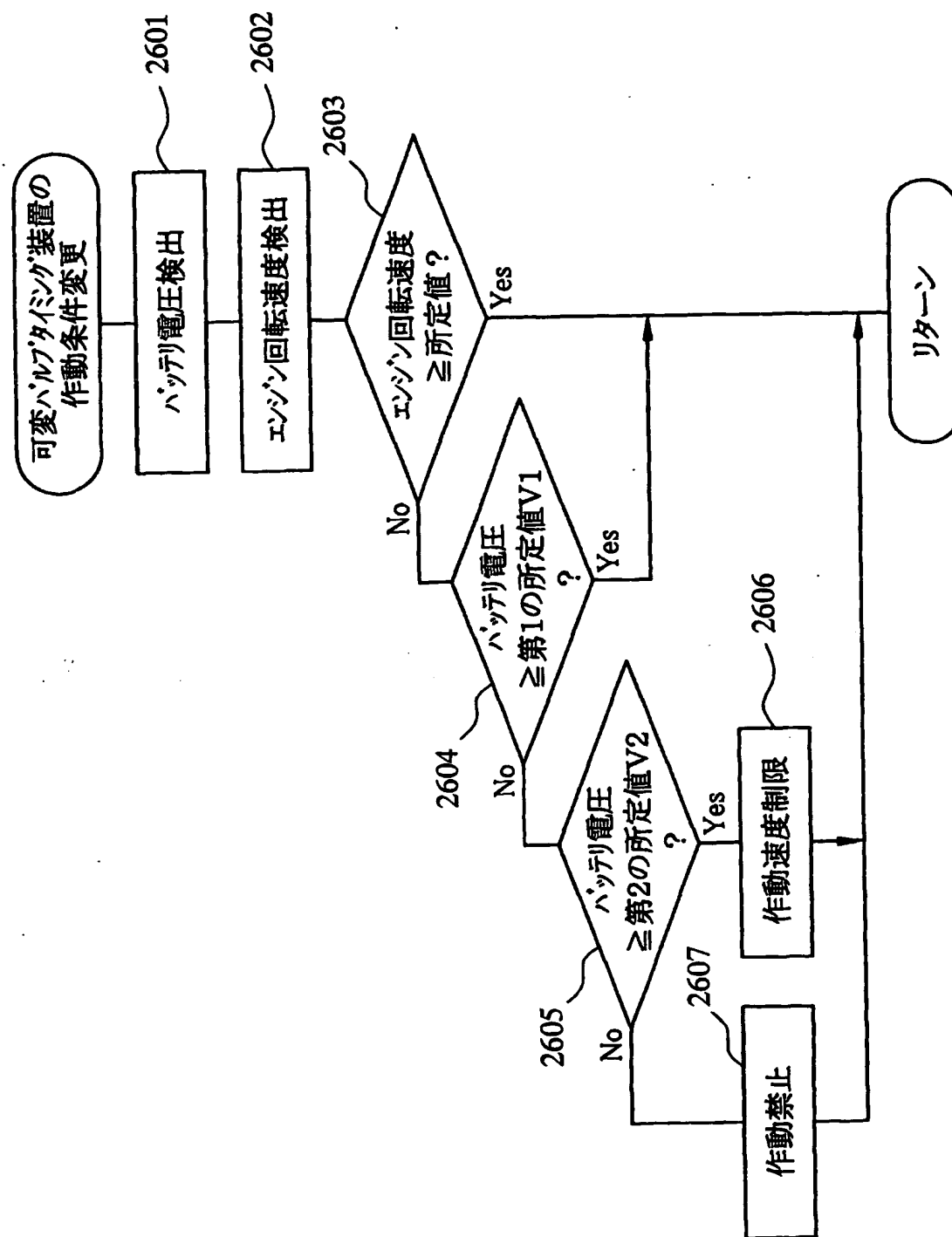




図50



10/510765

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13578

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> F02D13/02, F01L1/34, F01L9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F02D13/02, F01L1/34, F01L9/00-9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2002-161763 A (Unisia Jecs Corp.), 07 June, 2002 (07.06.02), Full text; all drawings (Family: none)	37-39, 49-51 40-48 52
Y	JP 2001-234765 A (Honda Motor Co., Ltd.), 31 August, 2001 (31.08.01), Full text; all drawings (Family: none)	40-48
X A	EP 0859130 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA), 19 August, 1998 (19.08.98), Full text; all drawings & US 5924395 A1 & JP 10-227236 A	53-57, 59-66 58, 67

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 January, 2004 (26.01.04)Date of mailing of the international search report  
10 February, 2004 (10.02.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/13578

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-207879 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 August, 2001 (03.08.01), Full text; all drawings (Family: none)	69, 70
A	JP 2001-248410 A (Kosuke OSAYA), 14 September, 2001 (14.09.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-36, 52, 58
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 071843/1985 (Laid-open No. 186708/1986) (Mitsubishi Motors Corp.), 21 November, 1986 (21.11.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-36, 52, 58
A	US 5417187 A1 (Meyer et al.), 23 May, 1995 (23.05.95), Full text; all drawings & DE 4408425 A1 & JP 07-054620 A	26-36

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13578

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Invention 1: Claims 1-25, Invention 2: Claims 26-36, Invention 3: Claims 37-52, Invention 4: Claims 53-68, Invention 5: Claims 69 and 70

The inventions 1 and 2 commonly pertain to each other in such a respect that they have a technical feature related to a motor type variable valve timing control device. However, the motor type variable valve timing control device is publicly known because it is described in Japanese Patent Laid-open No. 6-213021.

Also, the technical feature commonly pertaining to the Invention 1 and Inventions 3-5

(continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13578

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

is considered to be a more generic concept and, therefore, publicly known also by the document above.

In addition, it is not considered that there is a technical relationship among Inventions 2, 3, 4, and 5 involving one or more of the same or corresponding interim special technical features.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F02D 13/02  
F01L 1/34  
F01L 9/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> F02D 13/02  
F01L 1/34  
F01L 9/00 - 9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922 - 1996年  
日本国公開実用新案公報 1971 - 2004年  
日本国実用新案登録公報 1996 - 2004年  
日本国登録実用新案公報 1994 - 2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 2002-161763 A (株式会社ユニシアジェックス) 2002.06.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	37-39, 49-51 40-48 52
Y	JP 2001-234765 A (本田技研工業株式会社) 2001.08.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	40-48

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.01.2004

国際調査報告の発送日

10.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
倉橋 紀夫

3G 9622

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X A	EP 0859130 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 1998. 08. 19, 全 文, 全図 & US 5924395 A1 & JP 10-2 27236 A	53-57, 59-66 58, 67
X	JP 2001-207879 A (日産自動車株式会社) 200 1. 08. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	69, 70
A	JP 2001-248410 A (長屋幸助) 2001. 09. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36, 52, 58
A	日本国実用新案登録出願60-071843号 (日本国実用新案登 録出願公開61-186708号) の願書に添付した明細書及び図 面の内容を記録したマイクロフィルム (三菱自動車工業株式会社) 1986. 11. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36, 52, 58
A	US 5417187 A1 (Meyer et al.) 199 5. 05. 23, 全文, 全図 & DE 4408425 A1 & JP 07-054620 A	26-36

## 第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

## 第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

発明 1 : 請求の範囲 1 乃至 25, 発明 2 : 請求の範囲 26 乃至 36, 発明 3 : 請求の範囲 37 乃至 52, 発明 4 : 請求の範囲 53 乃至 68, 発明 5 : 請求の範囲 69 及び 70  
発明 1 及び 2 は、モータ式可変パルスタイミング制御装置という技術的特徴を有する点で共通しているが、モータ式可変パルスタイミング制御装置は特開平 6-213021 号公報等に記載されているように公知である。  
また、発明 1 と発明 3 乃至 5 が有する共通する技術的特徴は、より上位概念化されており、同様に上記文献等より公知である。  
なお、発明 2、発明 3、発明 4、発明 5 各々の間に、同一又は対応する当座の特別な技術的特徴を含む技術的な関係が存在するとは認められない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。